

VŠB - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

Fakulta strojní - Institut dopravy

Ústav letecké dopravy

**Technické řešení modernizace letového simulátoru kategorie BITD na bázi
PC technologií – vybrané avionické systémy**

**Technical Solution to Modernize of BITD Category PC - Flight
Simulator – Selected Avionic Systems**

Student:

Bc. Ivo Pořický

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.

Ostrava 2011

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Ivo Pořický

Studijní program:

N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor:

2301T003 Dopravní technika a technologie

Specializace:

40 Letecká doprava

**Téma: Technické řešení modernizace letového simulátoru kategorie BITD
na bázi PC technologií – vybrané avionické systémy
Technical Solution to Modernize of BITD Category PC – Flight
Simulator – Selected Avionic Systems**

Zásady pro vypracování:

1. Požadavky leteckých předpisů na vybavení příslušné kategorie leteckých simulátorů (BITD).
2. Seznámení se s technickým řešením leteckého simulátoru ULD / PC – SIM 01.
3. Analýza možností pro modernizace vybraných avionických systémů uvedeného typu simulátoru.
4. Zdůvodnění vlivu navrhovaných opatření na zvýšení funkčnosti uvedeného typu simulátoru.
5. Návrh projektové dokumentace navrhovaných změn pro proces realizace.

DP musí v rámci úvodu obsahovat kapitolu se stanovením cílů práce a v závěru zhodnocení dosažených cílů.

Seznam doporučené odborné literatury:

Letecké předpisy JAR STD 1 – 4

Letecký předpis JAR FCL 1

Učební texty pro teoretický kurz ATPL – Modul 020: Všeobecné znalosti letadel, Praha: ČVUT Praha, 2006

Veřejně dostupné zdroje

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.

Datum zadání:

17.12.2010

Datum odevzdání:

23.05.2011

doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Ivo Pořický

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Klenovice na Hané 74, 798 23

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. POŘICKÝ, Ivo. Technické řešení modernizace letového simulátoru kategorie BITD na bázi PC technologií – vybrané avionické systémy. Ostrava: Institut dopravy - Ústav letecké dopravy. Fakulta strojní. VŠB - Technická univerzita Ostrava. 2011. 61 stran. Diplomová práce,

Vedoucí: doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.

Diplomová práce se zabývá modernizací letového simulátoru Ústavu letecké dopravy VŠB-TUO. V úvodu práce stanovuje, k jakému konkrétnímu účelu bude modernizovaný simulátor sloužit. Dále se zabývá požadavky předpisů a shromážděním informací o avionice použitelné pro účel, kterému má simulátor sloužit.

Na základě těchto informací a podrobného rozboru dosavadní koncepce jsou navrženy změny, které se budou v rámci modernizace provádět. Veškeré změny jsou taktéž podloženy praktickými zkušenostmi při užívání současné koncepce a jsou navrhovány tak, aby se v největší možné míře zvýšil komfort ovládání přístrojového vybavení simulátoru a aby nové úpravy provedené na palubní desce vzbuzovaly autentičtější pocit prostředí kokpitu letadla.

ANNOTATION OF THESIS

Bc. POŘICKÝ, Ivo. Technical Solution to Modernize of BITD Category PC - Flight Simulator – Selected Avionic Systems . Ostrava: Institute of Transport - Department of Air Transport. Faculty of Mechanical Engineering. VŠB - Technical University of Ostrava. 2011. 61 pages.

Thesis head: doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.

This thesis deals with the modernization of flight simulator from the Department of Air Transport VSB-TUO. The introduction determines particular purpose for which will the upgraded simulator serve. It also deals with requirements of regulations and accumulates information about applicable avionics for the purpose for which the simulator will be used.

Based on this information and detailed analysis of existing concept are proposed changes that will make the upgrade. All changes are also supported by practical experience in using current concept and are designed to the best possible increased comfort of control of instruments and whole simulator and new modifications to the instrument panel, raised more authentic sense of the cockpit environment.

Obsah diplomové práce

Seznam použitého značení	7
Cíle diplomové práce	8
1 Úvod.....	9
1.1 Účel simulátoru PC SIM - 01.....	9
2 Předpisy.....	12
2.1 Požadavky na avionické systémy.....	13
3 Přístroje	14
4 Současná koncepce letového simulátoru PC – SIM 01	30
4.1 Elektroinstalace.....	30
4.2 Zobrazovací technika	32
4.3 Ergonomie.....	35
4.4 Rozmístění osob v simulátoru.....	40
4.5 Ventilační technika	41
4.6 Stanoviště instruktora.....	42
5 Návrh modernizace letového simulátoru PC – SIM 01	43
5.1 Elektroinstalace.....	48
5.2 Zobrazovací technika	49
5.3 Ergonomie.....	51
5.4 Rozmístění osob v simulátoru.....	54
5.5 Ventilační technika	54
5.6 Stanoviště instruktora.....	55
6 Závěr	58
Seznam použité literatury	60
Seznam příloh	61

Seznam použitého značení

BITD	Basic Instrument Training Device	Základní výcvikové přístrojové zařízení
CDU	Control Display Unit	Ovládací a zobrazovací jednotka
DME	Distance Measuring Equipment	Měřič vzdálenosti (přístroj)
EFIS	Electronic Flight Instrument System	Elektronický přístrojový zobrazovací systém
FMS	Flight Management System	Systém řízení letu
FNTTP	Flight and Navigation Procedures Trainer	Trenažér letových a navigačních postupů
HSI	Horizontal Situation Indicator	Navigační ukazatel (horizontální situace)
HUD	Head-Up Display	Průhledový displej
PC	Personal Computer	Osobní počítač
RMI	Radio Magnetic Indicator	Radiokurzový/Radiomagnetický ukazatel
SDK	Software Development Kit	Dokumentace pro vývojáře softwaru
ÚLD	Department of Air Transport	Ústav letecké dopravy
ULD/	Marking of the largest simulator of	Označení největšího ze simulátorů
PC-SIM 01	Deptment of Air Transportation	Ústavu letecké dopravy
VŠB-TUO	VŠB-Technical University of Ostrava	Vysoká škola Báňská-Technická univerzita Ostrava

Cíle diplomové práce

Tato práce si klade následující cíle :

- stanovit konkrétní účel letového simulátoru s ohledem na vyčleněné požadavky
- shromáždit dostupné informace o možnostech úpravy avionických systémů simulátoru
- popsat strukturu a technické řešení letového simulátoru ÚLD v současnosti s návrhem úprav zajišťujících lepší ovladatelnost a obsluhu celého systému.

1 Úvod

Ústav letecké dopravy VŠB-TUO vlastní několik letových simulátorů určených k rozšíření teoretické výuky studentů Ústavu letecké dopravy. Simulátory, ačkoliv nejsou žádnou věrnou kopií letounů a nedisponují dokonalou iluzí letu, co se týče pocitů z pohybu i vizuálně (vlivem použití obrazovek nebo omezeného zorného pole), představují vynikající pomůcku pro pochopení problematiky a urychlení vstřebávání informací studenty. Jedná se především o praktickou ukázkou aplikace poznatků z předmětů týkajících se plánování a provedení letu, všeobecných znalostí letadla, částečně aerodynamiky nebo přístrojů. Praktická využitelnost simulátorů nemusí být nutně přínosná jen pro obory, kde studují potenciální piloti, ale může přinést užitek i ostatním oborům, které zdánlivě s piloty bezprostředně nesouvisí nebo pro laickou veřejnost, kde může zábavnou nebo populárně naučnou cestou omezit strach z létání.

Simulátory taktéž nemusí sloužit jen pro výuku nebo praktickou ukázkou daného oboru. Mohou sloužit i jako výzkumné zařízení, jak jeden z nich VŠB v současnosti využívá např. pro zkoumání vlivu únavy na činnost posádek letadla. Každá oblast využití vytváří skupinu požadavků, jaké by zařízení mělo splňovat, aby vyhovovalo účelu, ke kterému bude použito. Výsledkem každé modernizace je pak posunutí celého zařízení do oblasti, kde bude vyhovovat vyšším standardům a zároveň je i reálná šance na širší využití tohoto systému. V následující kapitole budou definovány požadavky pro konkrétní účel simulátoru ULD/PC–SIM 01.

1.1 Účel simulátoru PC SIM - 01

V současnosti je na ÚLD prováděna výuka pro obory Technologie leteckého provozu a Technologie provozu letadel (obor pro piloty). Záměrem je zprostředkovat a rozšířit teoretickou výuku pro piloty tak, aby získali nutné základy pro reálné létání. Není tedy účelem vštěpit těmto studentům přesné ovládání letadel, jak je tomu u reálného výcviku, ale vložit mezistupeň, mezi čistou teorií, která se probírá ve většině ostatních předmětů a samotný reálný výcvik. Slouží tedy jako vizualizace teoretické výuky, resp. praktická ukáзка právě probírané látky.

Tento mezistupeň může být poměrně významným činitelem pro pozdější provádění reálného výcviku, jelikož prostřednictvím těchto simulátorů lze spoustu věcí nastudovat a je možno nasbírat mnoho zkušeností při aplikaci postupů, nikoliv však takových zkušeností, jakých je možno dosáhnout na reálném letadle nebo letovém simulátoru vyšší kategorie, kde je replikována kabina konkrétního typu letadla, ale společné základy, které urychlí chápání dané problematiky, na což jde navázat složitější problematikou.

Druhou skupinou v současnosti využívající simulátory jsou technologové letecké dopravy, u kterých není reálný předpoklad, že by v budoucnu létali jako aktivní členové posádek letadel. Tento předpoklad vytyčuje zcela odlišné nároky na simulátory, tj. výrazně je snižuje a převádí výhradně na vizuální stránku. Těmto studentům je možno předkládat praktickou, avšak zjednodušenou, ukázkou, jak to v reálném letadle probíhá a co se tam děje. Výhodou je, že studenti získají širší rozhled v letectví i v místech, kam jinak nemají přístup a nebo jen velmi omezený např. z důvodu nákladnosti nebo nedostatku kapacity. I když někteří zaměstnavatelé pořádají pro své zaměstnance tyto "exkurze" do světa pilotů, není zaručeno, že si z toho odnesou to, co by bylo vhodné aby si odnesli. Tedy, především nové poznatky a informace. Prostředí pilotní kabiny je pro laika silně nepřehledné a matoucí a piloti dopravních letadel mají na palubě obvykle příliš mnoho práce a na to, aby vysvětlovali problematiku, se kterou nemusí být člověk sedící za nimi jako pozorovatel seznámen, často by tak daný člověk jen nevěřičně koukal na velké množství přístrojů, které piloti před ním ovládají nemaje tušení, co k čemu slouží. V tomto je tedy hlavní přednost simulátorů - mohou ukázat a naučit věci, které by jinak tyto lidé neměli možnost bez bedlivého samostudia zjistit. Účel lze definovat v těchto bodech:

- | | |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| a) pro budoucí piloty | – na simulátoru musí být odpovídající kvalita aplikovatelnosti daných postupů, dostatečná ovladatelnost přiměřená dané kategorii letadla a funkčnost ovladačů, aby odpovídala ovládání reálných přístrojů |
| b) pro odbornou veřejnost | – dostatečně propracované prostředí vyvolávající iluzi skutečného letadla pro danou kategorii, možnost zjednodušeně ovládat letadlo, aby se zájemci mohli snadněji seznámit s prostředím létání |

- c) pro vědecko-výzkumné účely – tato specifikace zahrnuje kromě co nejvěrnějšího prostředí, co se týče ovládání, vzhledu a pocitů, ale také přijatelné pozorovací a nahrávací schopnosti nebo minimálně připravení konstrukce k případnému budoucímu upevnění/zabudování pozorovací, záznamové, popř. měřicí technologie.

Spojením všech těchto požadavků, resp. nalezením společných bodů dostáváme souhrn počátečních informací potřebných k posuzování, na jakou oblast simulátoru se při modernizaci primárně zaměřit, co bude důležitým cílem modernizace a jak by měly úpravy probíhat.

Dalším prvkem, který bude do této modernizace zasahovat bude úvaha případné budoucí certifikace zařízení příslušným úřadem. Při splnění požadavků předpisů je možné uvažovat o rozšíření použitelnosti zařízení i pro reálný výcvik. Tyto umožňují užití zařízení kategorie BITD v rozsahu až 5 hodin pro výcvik soukromého pilota.

Možnost certifikace významně závisí na kvalitě provedených úprav a možnostech platformy, která bude použita. Důležité přitom je, že vyšší kategorie, např. FNTP klade vyšší podmínky na typovost simulátoru a jeho funkčnost vzhledem k reálné předloze.

2 Předpisy

Letecké předpisy platné v ČR rozlišují následující druhy zařízení:

Letový simulátor (FS) – nejsložitější typ simulátoru. Jedná se o věrnou repliku kokpitu ve skutečné velikosti konkrétního typu, popř. modelu letadla, která musí obsahovat kompletní systémové vybavení daného letadla. Simulátor musí být dále vybaven pohybovým systémem, tj. pohyb kabiny simulující v rámci fyzikálních možností zrychlení ve všech třech osách. Tyto podmínky v současnosti splňují jen plně profesionální simulátory, obvykle dodávané i konkrétním výrobcem letadla a využívají se pro typový výcvik nebo pravidelné či nepravidelné přezkušování posádek.

Letové výcvikové zařízení (FTD) – systémově propracovaný trenažér nabízející repliku plně funkčního přístrojového vybavení konkrétního typu letadla v pozemních i letových podmínkách. Tento typ simulátoru je oproštěn pohybového zařízení a systému vizuální orientace. Využitelnost může být např. v tzv. cockpit drillu, což je fáze výcviku, ve které se piloti seznamují s rozmístěním a funkcí konkrétních systémů daného typu letadla.

Trenažér letových a navigačních postupů (FNPT) – toto výcvikové zařízení má za úkol představovat prostředí kabiny. Není zde kladen důraz na přesnost kopie skutečné kabiny a není vyžadován pohybový systém, ale i tento simulátor musí simulovat konkrétní typ letadla a předvádět jeho systémy odpovídajícím způsobem.

Základní přístrojové výcvikové zařízení (BITD) - nejjednodušší výcvikové zařízení, které vyžaduje absolutní minimum pro výuku přístrojového létání. Toto zařízení má za úkol představovat pouze prostředí příslušné kategorie letadel, nikoliv typu, což výrazně zjednodušuje koncepci. Simulátor tohoto typu nevyžaduje pohybový systém.

V této kapitole se bude práce zabývat požadavky předpisu na nejjednodušší výcvikové zařízení kategorie BITD. Toto zařízení je specifikováno v leteckém předpise JAR-STD 4A. Z definice předpisu je zřejmý účel, tedy jedná se o pozemní výcvikové zařízení, které má reprezentovat určitou třídu letounů a je určeno nejméně pro nácvik přístrojového létání.

Již z této definice je jasné, že v případě simulátoru ÚLD by se jednalo o zařízení reprezentující dvoumotorové turbovrtulové letadlo velikosti Beechcraftu B200, což je letadlo zařaditelné do kategorie letadel určených pro krátké a střední vzdálenosti pro obchodní leteckou dopravu s kapacitou pasažérů do dvaceti osob. Z tohoto pohledu je takové zařízení použitelné pro výcvik přístrojového létání na vícemotorových letounech nebo pro nácvik spolupráce vícečlenné posádky.

2.1 Požadavky na avionické systémy

Následující text je výtažek z Dodatku 1 k JAR-STD 4A.030

- a) Vypínače a všechny ovládací prvky musí mít stejnou velikost a tvar a musí pracovat a předvádět to samé jako v simulované třídě letounu.
- b) Přístroje, vybavení, panely, systémy, primární a sekundární soustavy řízení dostatečné pro nacvičované úlohy musí být umístěny podobně jako v simulované třídě letounu.
- c) Osvětlení prostředí panelů a přístrojů dostatečné pro prováděné operace.
- d) Kromě stanoviště sedadla pilota musí být zajištěno vhodné uspořádání pro výhled instruktora umožňující přiměřený výhled na panely pilota.
- e) Navigační vybavení pro lety IFR s reprezentativními tolerancemi. Toto vybavení musí obsahovat komunikační vybavení.
- f) Kompletní navigační databáze nejméně 3 letišť s odpovídajícími postupy pro přesné a přístrojové přiblížení včetně pravidelných aktualizací. Všechny navigační pomůcky musí být použitelné, jsou-li v dosahu, bez omezení a zásahu instruktora.
- g) Ovládací prvky instruktora na zapnutí a vypnutí poruchy (týká se letových přístrojů, navigačních pomůcek, řízení letu, vypnutí motoru)
- h) Zařízení včasného rozpoznání pádu odpovídající simulované třídě letounů.

3 Přístroje

Platforma použitá na leteckých simulátorech VŠB je Microsoft Flight Simulator 2004. Tento software obsahuje určité množství předdefinovaných letadel a každé z těchto letadel má své vlastní přístrojové vybavení. Velkou výhodou tohoto softwaru je, že je přístupný pro vnější aplikace, takže na internetu existuje celá řada volně stažitelných nebo placených produktů letadel, které vytváří skupiny lidí ze zájmu nebo např. jako firmy, které se specializují na vývoj produktů pro tento letecké simulátory. Obecně lze říci, že ty placené svou kvalitou převyšují ty neplacené, avšak existují i výjimky, jakou je např. Projekt Tupolev, který založila skupina leteckých nadšenců v Rusku a společně vytvořili dosud nejkomplexnější model pro MS FS vůbec. Tímto je Tupolev Tu-154. Tento projekt je unikátní v tom, že ačkoliv se jedná o nejpropracovanější produkt, který se pro simulátor v současnosti vyskytuje, je zcela zdarma. Na trhu se však vyskytuje nespočet dalších více, či méně propracovaných doplňků. Důvod, proč existuje takové množství produktů je relativní snadnost tvorby, resp. otevřenost softwaru. Podobně je tomu i u přístrojů. Díky některým programům, jako je FS Panel Studio je možné použít téměř libovolné přístroje, které máme v simulátoru v jakémkoliv letadle a je možno je vkládat a uspořádat do libovolných panelů.

Letecké simulátory MS FS 2004 a MS FS X jsou schopny zobrazovat tzv. 2D kokpit nebo Virtuální kokpit. Virtuální kokpit je zpracován podle reálné předlohy jako 3D model. Ve své podstatě se snaží co nejvíce přiblížit pilotovi pohled ve skutečné kabině s tím, že je možné pohledy plynule natáčet, přibližovat, či oddalovat. S využitím zařízení, jako je např. Track IR, což je zařízení snímající pomocí infračervených diod polohu hlavy vůči snímači umístěném z pravidla na horní straně obrazovky, je pak herní zážitek velmi působivý, kdy se samotným natáčením, nakláněním či přibližováním nebo oddalováním hlavy můžeme rozhlížet po kabině téměř jako ve skutečném letadle. Takové řešení přijde majitele zhruba na 5 000 Kč.

Poněkud levnější varianta je tzv. Free Track, který pouhou úpravou standardní webové kamery a vytvořením vlastního zařízení (ze svítivých diod) je schopen prakticky stejného pohybu. Software pro toto řešení je volně k dispozici na internetu, takže realizace vychází na několik stovek korun, z čehož nejdražší položka je samotná webová kamera.

Poslední novinkou ve snímání obličeje je tzv. FaceTrack, který používá pouze webovou kameru a nevyžaduje žádné úpravy nebo dodatečné zařízení. Výhoda této novinky je v tom, že se jedná pouze o software, který pomocí obrázku z webové kamery dokáže snímat lidský obličej a určíme-li mu několik bodů, které jsou dostatečně kontrastní, software je schopen rozlišit polohu hlavy člověka a převést ji do simulátoru s výsledkem jako je tomu u Track IRu nebo Free Tacku.

Tyto tři možnosti jsou rozličné nejen v cenových relacích, ale taky ve výsledku. Track IR je z těchto zařízení nejpřesnější a nabízí tak nejplynulejší pohyb pohledu v simulátoru. Takto se tedy dá řešit rozhlížení po kabině v případě, kdy jsou k dispozici finanční prostředky o malém objemu nebo nedostatek prostoru.

Výhoda takového řešení spočívá ve variabilitě. Tímto způsobem může simulátor fungovat pro neomezený počet typů letadel, který závisí pouze na způsobu, resp. na kvalitě zpracování jednotlivých modelů.

Za nevýhodu by se dalo označit vyšší technické požadavky na výkonnost počítače obsluhujícího tento systém a teoreticky složitější manipulace. Je tím myšleno to, že pro ovládání jednotlivých přístrojů v takové konfiguraci pilot použije standardních ovladačů osobního počítače, jimiž jsou myš a klávesnice ve spolupráci s joystickem, popř. berany. Hardwarové nedostatky jdou však odstranitelné. Je možné prakticky libovolně doplňovat hardwarová zařízení, které bude imitovat některé funkční prvky kabiny. Taková zařízení je možno buď koupit, nebo podle nespočet návodů vytvořit. Jejich složitost a vzhled je variabilní a mohou být od herních zařízení, která se umístí na stůl, popř. se k nim připevní až po komplexní palubní desky s řízením i přístroji ovládanými servomotory nebo krokovými elektrickými motory. Toto bychom mohli označit jako takový předstupeň složitějších a komplexnějších simulátorů, které ale fungují na stejné bázi, jako tyto malé, relativně levné produkty.

Čím více těchto hardwarových prvků složíme vhodně dohromady, tím menší je naše potřeba rozhlížet se ve virtuální kabině. Z tohoto poznatku lze vycházet pro další úvahy.

Jak již bylo zmíněno výše, platforma MS FS 9 nebo MS FS X nabízí kromě virtuálního kokpitu taky plochý, 2D panel. Toho lze využít při zobrazování přístrojů právě

na konstrukčně složitějších simulátorech. Výhoda takového řešení spočívá především v tom, že narozdíl od skutečně vzhlížejících přístrojů ovládaných nějakým elektro-mechanickým mechanismem, tady stačí pouze obrazovka, kde budou přístroje zobrazeny. Každý přístroj lze namodelovat zvlášť přesně podle potřeb nebo podle reálné předlohy. Při dostatečných zkušenostech a znalostech programovacího jazyka C++ je pak možné modelovat i velmi složité systémy tzv. glass kokpitu.

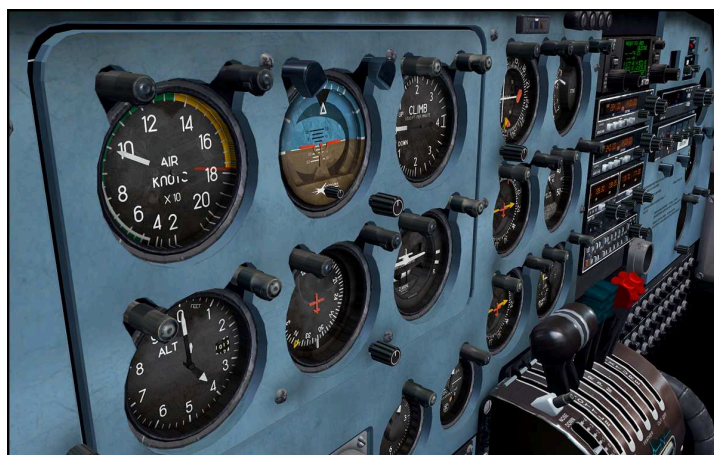
Ve 2D kokpitu není možné měnit pohled plynulým otáčením nebo přibližovat, či oddalovat pohled. To je dáno tím, že 2D panel je tvořen rastrovou podkladovou texturou (např. fotka), která zobrazuje podklad přístrojů (např. palubní desku nebo konkrétní přístrojový panel) a na tento obrázek jsou umístěny 2D přístroje. Tento způsob zobrazení má jednu podstatnou výhodu. Kvalita zobrazení je závislá na kvalitě (rozlišení) podkladové textury a taktéž na kvalitě zpracování jednotlivých přístrojů. Může působit velmi realisticky, např. pokud je přístroj tvořen z fotek nebo je kabina dobře nafocena a taktéž tvořena z fotek. Složitost a realističnost vzhledu závisí čistě na schopnostech tvůrce pracovat s grafickými editory.

Za značnou výhodu tohoto řešení je možné považovat výrazně nižší zátěž na hardware počítače. Je to dáno tím, že tři dimenzionální přístroj znamená pro počítač vykreslit prostorový tvar přístroje a na něm usazené textury, kdežto u plochého přístroje je počítač zatížen pouze několika vrstvami, které tvoří obrázky daného přístroje. Teoreticky to znamená, že pro vykreslování odpadá 3D model přístroje, jinak je to prakticky totéž. Např. kvalitně zpracovaný model přístroje ve 3D zpracování může mít se srovnatelným ekvivalentem ve 2D zpracování téměř dvojnásobnou velikost (objem dat). Některé opravdu kvalitně zpracované letouny pro platformu MS FS se mohou citelně podepsat na plynulosti simulace (závisí na hardwarové konfiguraci PC).



Obr. 3.1 vzhled 2D kokpitu (vlevo - dole podkladová textura, nahoře s přístroji) a virtuálního kokpitu (vpravo)

Ve virtuální kabině se používají dva způsoby zobrazení funkčních přístrojů. Složitější variantou jsou již jmenované 3D přístroje, které se vzhledem podle modelu mohou velmi přesně přiblížit reálným přístrojům, avšak jejich použití je možné pouze ve virtuálním kokpitu a jsou pracnější pro tvorbu, protože mimo naprogramování funkcí a vytvoření grafického vzhledu (textury) je potřeba vymodelovat a osadit daný model texturou a nastavit 3D animace pro každý vymodelovaný objekt daného přístroje.



Obr. 3.2 Virtuální 3D přístroje letadla BN 2 Islander společnosti Flight 1

Jednodušší z těchto variant je zobrazení plochých přístrojů (viz obr. 3.1). V podstatě se jedná o 2D animaci.

Výhody 2D přístrojů:

- zatěžují méně hardware než prostorové přístroje
- jejich tvorba je o něco jednodušší než u 3D přístrojů
- je možné je použít jak ve virtuálním, tak ve 2D kokpitu
- jejich umístění a velikost lze většinou libovolně měnit

Způsob modelování 2D přístrojů

Existuje několik variant, jak modelovat takové přístroje. Výnosem jsou pak soubory s příponou .gau při použití programovacího jazyku C++ nebo s příponou .cab, programujeme-li v .xml. Tvorba souborů .cab je jednodušší a vypadá takto:

Každý soubor .cab je jinak řečeno archiv několika funkčních částí. V základu lze rozdělit takto:

- grafická část
- programové nastavení

Grafickou část lze dále dělit na textury (samotné obrázky, které tvoří vzhled přístroje) a nastavení průhlednosti (pomocí masek průhlednosti a pomocí černé barvy).

Grafická část (textury)

Zde jsou zařazeny jednotlivé části přístroje, tj. podkladová textura znázorňující přístroj jako takový, textury všech pohyblivých částí (ručičky, otočné přepínače, posuvníky apod.), praporky označující nefunkčnost u některých navigačních přístrojů, atd.

V této části nejvíce záleží na grafickém umu tvůrce, jelikož svou schopností tvořit v grafických editorech je možné zásadním způsobem ovlivnit celkový vzhled a čitelnost přístroje. U těchto obrázků není možné použít zcela černé barvy, jelikož ta je simulátorem brána za průhlednou, tzn. vše, co má mít černou barvu musí být řešeno nějakým odstínem jiným, než v poměru barev červená:zelená:modrá 0:0:0. Odstín barvy závisí na poměru těchto tří barev a jas, resp. světlost pak závisí na velikosti čísla zastupující barvy (pohybuje se od 0 do 255). A naopak, této vlastnosti čtení černé barvy simulátorem lze výborně využít při tvorbě prvků, které mají složitější tvar. Jednoduše řečeno, vytvoříme klasický obrázek,

který má obdélníkový nebo čtvercový tvar a ty části obrázku, které mají být průhledné, tedy co má software ořezat, resp. odstranit, vybarvíme zcela černou barvou. Tím lze tvarovat ručičky, tvořit "díry" do některých prvků, pod kterými má být něco vidět, atd.

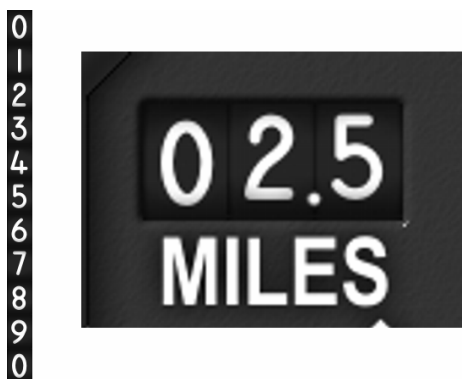
Tímto způsobem lze tvořit barevný obrázek, který bude tvořen informacemi o velikosti 24-bit používající 16777216 barev. Režim barev ve 24-bit je v celku obsahově rozsáhlý a nese s sebou spoustu informací. Snahou všech tvůrců je vytvořit co nejlepší přístroj co do vzhledu, ale zároveň i minimalizovat výkon potřebný pro zobrazení takového přístroje. Základní úvaha spočívá ve snížení množství dat, které bude muset počítač zpracovávat. Toho můžeme docílit menším rozlišením každé použité textury (tj. snížením počtu pixelů v obrázku) a nebo snížením barevného rozsahu celého souboru. Zpravidla tvůrci využívají obou možností. Snížení barevnosti obrázku je odborněji řečeno převedení obrázků z formátu 24-bit na pouhých 8-bit, který využívá paletou pouhých 256ti barev. Většina přístrojů je tvořena jen několika barvami a při vhodném grafickém návrhu nemusí být rozdíl mezi 24-bitovou texturou a 8-bitovou texturou znatelný oproti výsledné velikosti souboru, který je několikrát menší, než by byl ve 24-bitovém rozhraní.

Tato fáze bývá obvykle nejdelší, ovšem záleží na tom, jak moc si tvůrce nechá záležet na grafickém vzhledu přístroje. Vzhled přístroje se tvoří několika způsoby a podle specifického použití, resp. podle úhlu, pod jakým se na něj bude pilot při užívání dívat. Narozdíl od skutečných přístrojů, které se snaží dávat informaci pokud možno na ploše, ale jsou omezeny, resp. tato schopnost je omezena, rozměry mechanizace, která má informace zobrazovat, a tudíž dochází u nich ke zkreslení vjemu polohy, ty virtuální se snaží nepřesnosti vzniklé odlišným úhlem pohledu simulovat a protože nejvěrnější způsob simulace jsou 3D modelované přístroje, ale ty jsou pro potřeby letového simulátoru, kde mají být zobrazeny ve skutečné kabině nepoužitelné, bývá jejich vzhled upraven tak, aby odpovídal konkrétnímu úhlu pohledu z konkrétního místa v kabině. V praxi to pak vypadá tak, že např. ve virtuální kabině při pohledu z místa pilota vypadá plochý přístroj prostorově vlivem svého vzhledu. Ovšem, když se přesune bod, ze kterého má být přístroj pozorován, tzn. podíváme se na něj pod jiným úhlem, bude přístroj vypadat nepřírozeně a zdeformovaně. To je samozřejmě nežádoucí účinek a pro použití v reálné kabině je použití takového přístroje velmi omezené a je nutné s tímto operovat velmi obezřetně, protože při dobrém použití se jeví přístroj mnohem reálněji, ale stačí dostatečně velká odchylka úhlu pohledu a celý prostorový vjem se ztratí. Druhou možností je tvořit přístroj, který bude zobrazen tak, jak by byla vytvořena

v ideálním případě jeho reálná předloha. Graficky je tato možnost o něco jednodušší, protože lze zjistit geometrické předpoklady daného přístroje - např. při pohledu na výškoměr je zřejmé, že ideální stav zobrazení je kružnice a na ni jsou rovnoměrně rozloženy rysy s hodnotami stupnice. Vlivem odsazení ručiček je však při pohledu pod určitým úhlem hůř rozeznatelné, na kterou rysku přesně ručička ukazuje. V tomto případě by ideální stav zobrazení ukazoval to, co bychom viděli při pohledu kolmo na rovinu stupnice, tedy v praxi to znamená, že se neprojeví zkreslení vlivem odsazení ručičky od stupnice. Takto tvořený přístroj má navíc výhodu, že může být tvořen z fotografie, pokud bude dobře vyfocena. Lze předpokládat zkreslení vlivem vzdálenosti, ze které je snímek pořízen, avšak vhodným zpracováním v grafickém editoru je možné fotografii upravit tak, že ve výsledku bude přístroj v podstatě rozložen přesně, jak je zapotřebí.

Masky průhlednosti

Maska průhlednosti, jak již název napovídá je určení, kde má být konkrétní textura průhledná a kde ne, resp. touto maskou se vyčlení oblast, ve které má být konkrétní bitmapa vidět a kde už ne. Tohoto se využívá např. při použití číselných proužků, kde je nakreslena dlouhá textura, ve které jsou např. pod sebou zobrazena čísla a ve výsledku na přístroji vidíme jedno z těchto čísel a daný proužek se pohybuje podle podnětů ze simulátoru nebo ovladače a může nám tak simulovat pohyb válečkového číselníku přístroje. V daném místě, kde maska průhlednosti určí, že má být vidět tato konkrétní textura pak vidíme pouze měnící se číslo. Takto může být řešeno např. mechanické číselné zobrazení kurzu letadla, nastavení autopilota, nastavení tlaku výškoměru apod.



Obr. 3.4 Číselník přístroje (vlevo textura, vpravo zvětšené výsledné zobrazení tří textur pomocí masky)

Maska průhlednosti se tvoří jako celkový pohled na hotový přístroj (tj. na jeho maximální rozměry) a vyčleňuje přesné místo, kde má být prvek použitý s touto maskou vidět a kde už ne. Tvoří se jako dvoubarevný obrázek ve stejném formátu jako zbytek. Tedy v 8-bit. Opět pro snížení celkového objemu dat je možné použít např. jednu masku pro zobrazení více hodnot. Funguje to tak, že maskou vyčleníme několik míst na dané ploše a poté postupně přiřazujeme např. již výše jmenované číselné proužky na konkrétní místo. Důležité však je, aby textura použitá u takové metody nezasahovala do míst, kde je určeno místo pro další texturu - byla by totiž vidět i v místech, kde to není žádoucí - např. při použití u výškoměru, kde máme tlakovou stupnici vytvořenou jako rotující kruh na kterém jsou hodnoty, bychom nemohli použít masku s možností průhlednosti na více místech, protože by textura byla vidět i tam, jelikož zabírá prakticky celý prostor přístroje. Ale i tato situace je řešitelná.

Celý přístroj je tvořen několika texturami, které jsou umístěny do tzv. vrstev. V konfiguračním souboru přístroje je možné posouvat některé textury nad jiné, tzn. měnit pořadí vrstev, čímž je možné kombinovat prvky tak, že kde není potřeba maska a může se využít vlastnosti černé barvy, čímž se zprůhlední konkrétní objekt. Použití je ovšem rozdílné.

Zatímco maska určuje statickou polohu místa, kde má být objekt, kterému bude maska přiřazena, vidět, použití černé barvy má dynamický charakter. Tato vlastnost se může využít např. u otočných prvků, které mají pod sebou ve skutečném přístroji např. nějaký praporek označující nefunkčnost některých částí přístroje nebo naopak lze tímto způsobem tvarovat libovolně např. ručičky jakýchkoliv tvarů.

Programové nastavení

Souborem zastřešujícím celou grafickou část soubor .xml, který svým obsahem určuje který obrázek se má jak chovat a jak reagovat na jaký podnět ze simulátoru. V praxi to tedy vypadá tak, že pro každou vytvořenou texturu se vytvoří příkaz, který definuje vstupní údaje, které má tento tzv. element sledovat a dále je možno definovat, jak má na tyto podněty reagovat, popř. je možné vytvořit nelinearitu v chodu elementu přiřazením např. úhlů ke konkrétním hodnotám dané akce, kterou bude přístroj sledovat. Základní struktura souboru .xml je následující:

- podklad přístroje
- grafická část (element)
- pohyby (rotace, posuv – přiřazení každého obrázku k podkladu a jeho pohyb)
- masky průhlednosti (některé prvky vyžadují, aby byly takto ořezány)
- mouse area (oblasti, skrze které je možné přístroj ovládat myší, popř. se zde může objevit tzv. makro, což jsou příkazy, skrze které je možné přístroj ovládat pomocí např. klávesnice)

Postup při tvorbě vypadá následovně:

Prvně si vytvoříme podkladovou texturu přístroje, který chceme vytvářet. Toto je možné buď pomocí grafických editorů vytvořením zcela nového obrázku a nebo úpravou fotografie skutečného přístroje např. námi pořízené při návštěvě letiště. Ty části, které budou zcela černé budou zároveň ve výsledku průhledné. Poté je nutno vytvořit obrázek každé pohyblivé části (např. ručiček, číselníky apod.) a jako poslední je samotné programování v souboru .xml programovacím jazykem XML.

V tomto souboru je nutné každé části přiřadit pozici a způsob reakce na konkrétní podněty, které nabízí simulátor. Výsledkem je pak pohyb např. ručiček podle našich potřeb. Pokud tvoříme přístroj, který by měl být ovladatelný na určitém místě pomocí myši, je nutné definovat oblast, kde bude myš přístroj ovládat a jak jej bude ovládat.

Tvorba v praxi

Nejjednodušší přístroj pro tvorbu je klasický rychloměr. Zde popisovaný nemá žádné ovládací prvky a pouze jedinou pohyblivou ručičku. Tzn. grafickou částí budou pouze dva obrázky – podkladová textura přístroje a samotný ukazatel. Definováním umístění ručičky a osy, kolem které má rotovat, rozsahu rotace (tj. maximální a minimální hodnoty) a popř. nelinearity získáme jednoduchý funkční přístroj.

První částí tvorby bude tedy vytvoření grafického vzhledu přístroje. Na následujících obrázcích jsou dvě textury. Jedna podkladová, druhá ručička.



Obr. 3.3 Textury rychloměru

Zde je patrné použití černé barvy - ohraničuje celý přístroj, který není obdélníkového tvaru a taktéž pomůže tvarovat ručičku rychloměru, která není rovná. Obrázky by měly být tvořeny v měřítku.

Masky průhlednosti zde nejsou k ničemu potřeba. Jejich využití bude popsáno v dalším, komplikovanějším příkladě. Tímto máme grafickou část splněnu, tedy nyní je potřeba vytvořit funkční soubor, který spojí tyto dva obrázky a vytvoří z nich pohyblivý přístroj.

Zápis bude vypadat takto (následující text jsou skutečné příkazy s vysvětlujícími vloženými odstavci textu):

<Gauge Name="Airspeed Indicator" Version="1.0">

Název přístroje, pod kterým se bude objevovat např. při výběru v programech upravujících rozložení panelu.

<Image Name="ASI_bckd.bmp"/>

Toto je tzv. podkladová textura přístroje. V tomto případě je to soubor s názvem ASI_bckd.bmp, který je zobrazen na obr. 3.3 vlevo. Následuje definování elementů, tedy dalších prvků, které budou uloženy nad první, podkladovou texturou. U těchto je nutné stanovit pozici (position), kde čísla jsou souřadnice, resp. počet pixelů od levého konce podkladové textury směrem doprava (X) a od horního okraje podkladové textury směrem dolů (Y). Zahájení definování elementu a definování pozice vypadá následovně:

<Element>**<Position X="304" Y="307"/>**

Dále je nutné určit obrázek (texturu), která bude tento element tvořit (v našem případě ručička rychloměru ztvárněná na obrázku 3.3 vpravo a pro přístroj uložena v souboru ASI_needle.bmp). Příkaz "PointsTo" znamená, kterým směrem směřuje osa ručičky. Rozeznáváme čtyři směry:

- **North** - osa směřuje kolmo vzhůru
- **East** - osa směřuje vodorovně doprava
- **West** - osa směřuje vodorovně doleva
- **South** - osa směřuje kolmo dolů

<Image Name="ASI_needle.bmp" PointsTo="North">

Mimo jiné je nutné si uvědomit, že ručičku budeme otáčet, tzn. je třeba určit osu, kolem které se bude ručička otáčet. Již jsme stanovili bod, do kterého obrázek usadíme a neurčíme-li jinak, bude simulátorem považována osa za bod 0,0, což je levý horní roh obrázku. My určíme osu v místě, ve kterém je ručička, tedy náš element uchycen a kolem kterého místa se otáčí. Tzn. souřadnice osy se vztahují k danému elementu.

<Axis X="16" Y="216"/>**</Image>**

Příkaz **</Image>** ukončuje definování objektu obrázku a nyní, když máme umístěný element, včetně určení jeho osy musíme definovat otáčivý pohyb ručičky. Jinak řečeno, budeme určovat úhly, resp. směřování ručičky pro jednotlivé hodnoty proměnné. Samotná část věnovaná pohybu je definována příkazem **<Rotate>**. Tímto je řečeno, že se bude jednat o otáčivý pohyb. Hodnoty proměnné jsou určeny na dalším řádku, tedy jako Value a v tomto případě je jeho hodnota vymezena od 0 po 220 jednotek. Jednotky jsou dále určeny v závorce. Příkaz "Airspeed select indicated or true, knots" udává, že budeme odebírat hodnoty rychlosti v jednotkách "uzly" (knots) indikované vzdušné rychlosti nebo pravé vzdušné rychlosti.

To, která z těchto dvou hodnot to bude záviset na volbě nastavení v simulátoru, kde je možné zvolit možnost indikace buď pravé vzdušné rychlosti nebo právě indikované. Tato proměnná poskytuje hodnoty v obou případech.

<Rotate>

<Value Minimum="0" Maximum="220">(A:Airspeed select indicated or true, knots) </Value>

Jelikož obrázek přístroje vychází ze skutečné předlohy, kde stupnice nemá lineární průběh, je potřeba stanovit tzv. nelinearitu pohybu daného elementu. Zapíše se to takto:

<Nonlinearity>

**<Item Value="0" X="305" Y="0"/>
 <Item Value="40" X="386" Y="38"/>
 <Item Value="60" X="571" Y="189"/>
 <Item Value="80" X="573" Y="420"/>
 <Item Value="100" X="394" Y="581"/>
 <Item Value="120" X="219" Y="590"/>
 <Item Value="140" X="75" Y="496"/>
 <Item Value="160" X="14" Y="340"/>
 <Item Value="180" X="29" Y="192"/>
 <Item Value="200" X="121" Y="65"/>**

</Nonlinearity>

Item Value je hodnota proměnné, kterou přístroj má zobrazit a následují souřadnice, do jakých bude směřovat osa elementu (v našem případě ručičky rychloměru). Souřadnice nemusí být nutně v přesné vzdálenosti, kam bude směřovat šipka. Udávají pouze druhý bod, který bude spojoval s osou, resp. bodem, do kterého je umístěn element ručičky osa ručičky (elementu). Jak je tomu už u programování, příkaz někde začal a musí být taktéž ukončen, takže po dokončení pohybu nelinearity tento příkaz ukončíme použitím špičaté závorky s lomítkem, tedy **</Nonlinearity>**. Každá z těchto souřadnic, které jsou výše jmenované jsou změřeny na podkladové textuře. Asi nejjednodušší způsob je otevřít daný obrázek (stupnici) v malování a při nasměrování kurzoru myši na konkrétní hodnotu (tzn. na střed rysky), kam má ukazovat ručička se v pravé spodní části okna malování zobrazí námi hledané souřadnice.

Tedy x-ová složka a y-ová oddělené čárkou. Takto můžeme snadno zjistit potřebné souřadnice. Hodnoty, pro jaké je přiřazujeme jsou vybírány tak, jak jsou na stupnici rychloměru s tím, že podle charakteru stupnice budeme potřebovat více (v případě silně nelineárního rozdělení stupnice) nebo méně (pro více rovnoměrné rozdělení) souřadnic.

Následující příkaz je schopen simulovat zpoždění přístroje. Toho lze využít např. u tvorby variometru, kde jsou výchylky ručičky vlivem konstrukce variometrů celkem výrazně zpožděné. Zde je zpoždění vztaženo k úhlu, jelikož se jedná o rotační pohyb. Pokud by šlo o posuvný pohyb, je možné zařadit příkaz "Delay PixelsPerSecond", kterým definujeme, o kolik pixelů maximálně se může daný element pohnout za jednu sekundu, neboli určíme jeho maximální rychlost.

<Delay DegreesPerSecond="23"/>

Po dokončení definování elementů a jejich pohybu je potřeba určit, zda a jak bude přístroj ovládán. Je tedy nutné definovat tzv. mouse area, neboli oblasti, ve kterých bude jakýmsi způsobem fungovat myš a to buď jako ukazatel - v simulátoru existuje možnost nastavení si zobrazení popisku přístroje při ukázání myši na daný přístroj, které mohou poskytnout název přístroje a popř. hodnoty, které ukazuje, popř. na jaké jsou nastaveny. Těmto popiskům se říká Tooltips nebo Help.

Ukončení pohybu a elementu provedeme stejně jako u ukončení obrázku lomítkem ve špičatých závorkách s definováním příkazu, který ukončujeme. V následujícím tedy rotačního pohybu a celý element.

</Rotate>

</Element>

Nyní následuje již výše jmenované nastavování myši, tj. mouse area. Celý příkaz zahájíme zapsáním:

<Mouse>

Jako první část je definování tzv. Help ID, které definuje popisek přístroje. Microsoft vytvořil tuto možnost pro skupinu lidí, která se bude zabírat přístroji, bude se učit a nebude je znát jejich názvy, které jsou alespoň pro anglicky hovořící komunitu nápomocné, jelikož ukázáním na přístroj pozorovatel může zjistit název přístroje, který mu napoví i jeho funkci, resp. účel.

<Help ID="HELPID_GAUGE_AIRSPEED"/>

Help ID je identifikační příkaz pro konkrétní nápis daného přístroje. V simulátoru je předdefinováno 445 těchto označení a každé má svou identifikaci (ID). V našem případě použití identifikace HELPID_GAUGE_AIRSPEED zobrazí nápis "Airspeed indicator". Soupiska těchto identifikací je obsažena v SDK pro software flight simulator.

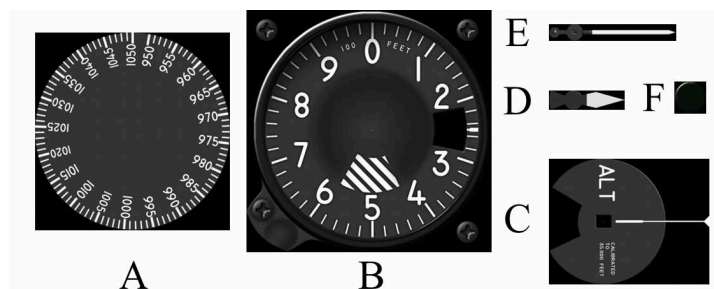
Další příkazy určují, co dalšího mají popisky zobrazovat. Např. TOOLTIPTEXT_AIRSPEED KILOS je identifikace pro příkaz, který bude ukazovat velikost rychlosti, jakou bude přístroj ukazovat a pod tímto označením se skrývá příkaz, který bude zobrazovat podle nastavení metrické či imperiální soustavy (kterou simulátor taktéž dovoluje) jednotky charakteristické pro danou soustavu, tedy kilometry za hodinu (pro metrickou) nebo uzly (pro imperiální).

Celé definování přístroje pak zakončíme řádkem </Gauge>, který uzavírá tento přístroj.

**<Tooltip ID="TOOLTIPTEXT_AIRSPEED_KNOTS"
MetricID="TOOLTIPTEXT_AIRSPEED_KILOS"/>
</Mouse>
</Gauge>**

O něco složitější je to např. u výškoměru, kde mohou být např. tři ručičky ukazující stovky, tisíce a desetitisíce a nastavení barometrického tlaku. Zde je nutno nadefinovat i oblasti ovládání přístroje (nastavování barometrického tlaku). Přibývá taktéž grafických součástí. Nejen, že každá ručička má svou vlastní texturu, ale dalšími pohyblivými částmi jsou: stavitelná tlaková stupnice a otočný ovladač, kterým tuto stupnici nastavujeme. Stupnice může být řešena několika způsoby:

- kruhová (čísla jsou umístěna na otočném disku v rozmezí 360° (obr. 3.5 vlevo)
- pásek se stupnicí, který projíždí přes přístroj (obr. 3.4)



Obr. 3.5 Textury částí výškoměru: A - tlaková stupnice; B - tělo přístroje; C - Ručička ukazující desetitisíce stop; D - ručička ukazující tisíce stop; E - ručička ukazující stovky stop; F - otočný ovladač nastavování referenčního tlaku

Způsob tvorby tohoto výškoměru je prostý. První fáze byla dokončena vytvořením textur (viz obr. 3.5). Nyní je nutné rozhodnout se, která část bude nad kterou, tzv. jakým způsobem budou uloženy jednotlivé komponenty. Výsledek vychází z reálné předlohy, tudíž při pohledu na ni lze sestavit jednotlivé komponenty tak, aby byl výsledný efekt stejný. Jak má takovýto přístroj vypadat je zobrazeno na obrázku 3.6.



Obr. 3.6 Výškoměr, výsledný vzhled na platformě MS FS 9

Z obrázku 3.6 je zřejmé pořadí jednotlivých částí. Nejníže by měla být otočná tlaková stupnice. Zde nám nastává problém, protože při programování přístroje je nejnížší součástí podkladový obrázek. Jelikož se však všechny elementy usazují do polohy relativní k levému hornímu rohu podkladového obrázku, musí být pevný, tzn. nemůže se tedy otáčet. Existuje ale několik možností, jak tento problém vyřešit.

První možností je použít texturu B z obr. 3.5 jako podkladovou texturu. Tato jinak pohyblivá nebude a všechny prvky až na tlakovou stupnici budou nad touto texturou. Problém tohoto řešení je, jak dostat tlakovou stupnici pod úroveň podkladové textury. Tuto situaci lze vyřešit použitím masky průhlednosti. Pokud vymezíme přesné místo, kde má být stupnice vidět a přiřadíme-li vhodně masku průhlednosti k tlakové stupnici, bude stupnice vidět jen v místech, kde má být vidět i když bude o úroveň výš, než podkladová textura.

Dalším řešením může být použití imaginární podkladové textury. To znamená vytvořit libovolnou zcela černou texturu. Důležité je, abychom si uvědomili, k čemu budeme vztahovat ostatní elementy. Zde je to teoreticky jedno, jak velká textura bude. Ovšem s malou texturou si vytváříme komplikace při usazování otočného knoflíku nastavujícího barometrický tlak, protože ten je třeba usadit do jiných míst, než do středu, jako všechny ostatní elementy. Nejjednodušší možností, jak těmto komplikacím předejít, je vytvořit texturu o stejných rozměrech (rozlišení) jako je největší textura použitá pro tento konkrétní přístroj.

Tato textura musí být zcela černá, tudíž ve výsledku, jako by tam vůbec žádná textura nebyla. Vzhledem k této textuře (imaginární podklad) lze usadit všechny elementy v přesném pořadí, v jakém by měly logicky následovat. Není zapotřebí vyměřovat žádnou masku, takže je tato možnost o něco jednodušší. Vložení nepohyblivého obrázku lze provést jednoduše tak, že se vytvoří nový element, přiřadí se k němu daná textura, definuje se pozice, kde má být umístěna a element se ukončí. Nebude tak sledovat žádný podnět ze simulátoru a nemá přiřazen ani žádný pohyb, tudíž bude pouze překrývat imaginární podklad.

Takovýmto způsobem je možné vytvořit přístroj, který má několik hloubek bez použití masky průhlednosti. Všechny pevné textury je výhodné vytvářet ve stejném rozlišení jako je ta podkladová. Výsledkem je pak umístění na bod o souřadnicích $X=0$, $Y=0$ a nemusíme ani vyměřovat pozici, kde má být element umístěn. Opět platí, že místa, kde má být textura průhledná se vytvoří pomocí černé barvy, takže při tvorbě uděláme místa, která nebudou vidět (bude na nich jiná pevná textura) nebo je v konkrétním místě potřeba, aby byl vidět element pod touto texturou černě a nic navíc není třeba vytvářet.

4 Současná koncepce letového simulátoru PC – SIM 01

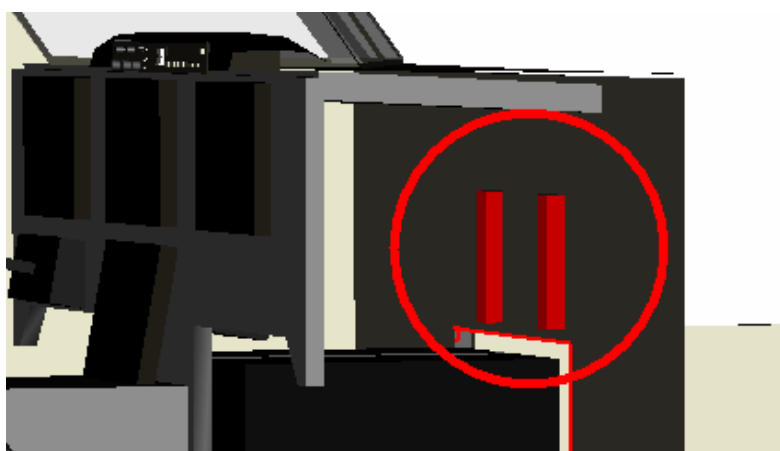
V současnosti je simulátor koncipován jako uzavřené statické stanoviště pro jednoho nebo dva piloty sedící vedle sebe a poskytuje prostor pro další maximálně tři pozorovatele. V místnosti je z prostorových důvodů umístěn u stěny a poskytuje výhled pouze dopředu.

4.1 Elektroinstalace

Na stanoviště je přiveden elektrický proud za pomoci dvou prodlužovacích šňůr, na které jsou napojeny veškeré spotřebiče uvnitř simulátoru, tzn. 4 obrazovky, 2 počítače, reproduktory a projektor nad simulátorem. Později byla přidána ještě jedna obrazovka navíc. Oba prodlužovací kabely jsou vybaveny vypínačem. Přístup k nim je skrze dvířka umístěná v přední části simulátoru (viz obr. 4.1).

Projektor je umístěn na stojanu, který je připevněn ke stropu učebny. Elektrická energie je přivedena od prodlužovací šňůry, vedena kolem kabiny simulátoru společně s datovým kabelem pro přenášení obrazu.

Dalšími spotřebiči jsou dva větráky umístěné na střeše simulátoru, které odčerpávají vzduch směrem nahoru z simulátoru ven. Tyto se spouští vlastním vypínačem umístěným nad kabinou simulátoru v jeho levé části (u zdi) a jsou přístupné zezadu. Napojení větráků je provedeno vlastním kabelem přímo do zásuvky ve zdi, tzn. mimo obvody simulátoru.



Obr.4.1 Umístění prodlužovacích kabelů v simulátoru



Obr. 4.2 Projektor (1); spouštění ventilátorů (2); ventilátory (3,4)

Koncepce elektroinstalace byla vytvořena postupně podle aktuálních možností Ústavu Letecké Dopravy. Vlivem dlouhého vývoje došlo k několika nežádoucím jevům. V době, kdy byla zahájena výstavba simulátoru byly zakoupeny dva počítače, na tehdejší dobu velmi výkonné. Byla vytvořena konstrukce kabiny a z dostupných zdrojů bylo použito čtyř obrazovek. Počítače byly výkonově lehce rozdílné, takže se určil jeden pro projekci krajiny (to byl ten výkonnější) a druhý, který se určil jako přístrojový a měl na starost vizualizaci přístrojů. Dále bylo vytvořeno uchycení řízení (pedály a berany) pro levou straně. Zde byly umístěny dvě upravené sedačky a protože se do budoucna uvažovalo o zvýšení podlahy, jejich výška neodpovídala stavu a tudíž horní strana panelu byla příliš vysoko. Tento stav byl řešen tím, že byla projekce krajiny posunuta směrem nahoru a přizpůsobena výhledu z kabiny.

V první fázi bylo spouštění simulátoru řešeno příchodem k přední části, kde se muselo přes servisní dvířka spustit oba pojistné spínače prodlužovacích šňůr, čím byl zaveden elektrický proud do všech spotřebičů simulátoru (veškeré monitory, počítače, atd.). Poté bylo možno spustit počítače, ke kterým byl přístup ze stejného místa. Poté se spustil projektor.

Později vlivem neřešeného chlazení počítačů při vyšším vytížení simulátoru docházelo k přehřívání kabiny. Z tohoto důvodu jsou na střeše nainstalovány dva ventilátory, které mají za úkol teplý vzduch z kabiny odčerpávat. Přívod elektrické energie k těmto ventilátorům byl řešen dle aktuálních dispozic, tedy tak, že byla využita elektrická zásuvka vedle kabiny simulátoru, kde se ventilátory napojily s tím, že byl vytvořen vypínač pro každý ventilátor zvlášť, aby je bylo možno podle potřeby zapínat nebo vypínat (viz Obr. 4.2).

Výhody:

- vedení kabeláže nejjednodušší cestou
- náklady na výstavbu rozložené do několika etap

Nevýhody:

- různorodé rozmístění kabeláže (pro přístup k ovládacím prvkům je nutné přistoupit ke kabině simulátoru z několika míst)
- obtížný přístup u některých ovládacích prvků

4.2 Zobrazovací technika

Původní zobrazovací technika byla řešena pomocí pěti monitorů a jednoho projektoru. Tři z těchto monitorů jsou umístěny na přístrojové desce, jeden na propojení mezi přístrojovou deskou a středovým panelem s plynovými pákami a jeden jako nadhlavní panel.

Obsluhu prováděly dva počítače. Jeden byl propojen s projektorem, který měl zobrazovat letové prostředí (letiště, terén, počasí, popř. další provoz) a druhý, který byl propojen se všemi obrazovkami uvnitř kabiny simulátoru a zobrazoval pouze ploché přístroje.

Grafická karta pro PC má standardně tři výstupy, přičemž současně využitelné jsou pouze dva. Výsledkem tohoto zjištění je fakt, že druhý počítač musí být vybaven dvěma, resp. třemi grafickými kartami. Potíž třetí grafické karty je z důvodu slotů (konektory na základní desce počítače) pro grafickou v tom, že většina základních desek tento slot postrádá a disponuje pouze dvěma sloty. To znamená, že ve výsledku je možné z počítače získat pouze čtyři samostatné výstupy pro monitory. Z tohoto důvodu bylo vymyšleno řešení pátého monitoru tak, že pravý a levý monitor (s letovými přístroji pro pilota) byly klonované, tj. pomocí externího zařízení byl jeden obraz rozveden na dva monitory. Toto řešení v praxi znamená, že oba piloti před sebou vidí totéž a nastavování každého z přístrojů (pravé a levé) je ve skutečnosti nastavování jen jediného přístroje, jehož kopie je umístěna na obraze na druhém monitoru.

Projekce

Projektor je umístěn v ose simulátoru, ovšem v nevhodné vzdálenosti. Dochází k tomu, že je obraz příliš velký a není možné ho zmenšit, protože projektor má omezený rozsah změny velikosti obrazu. Díky tomu dochází k promítání části obrazu na boční stěnu místnosti. Tento zlom v obraze je neestetický a silně narušuje vizualizaci. Vlivem nízké podlahy je ovlivněn výhled pilota z kabiny směrem dolů, protože je hlava pilota soustředěna spíš směrem nahoru (palubní deska je příliš vysoká). V tomto důsledku je projekce posunuta směrem nahoru a pilot tak při pohledu ve směru letu musí vyklonit hlavu nepřírozně nahoru. Pokud bychom chtěli eliminovat deformaci projekce v rohu učebny, museli bychom pootočit projektor, resp. posunout obraz směrem od zdi. Výsledkem je posunutí středu promítání mimo osu kabiny simulátoru a pilot, pokud bude chtít letět rovně bude muset soustředit svůj zrak navíc na stranu, což vyvolává pocit letu s bočním větrem a opět působí silně nepřírozně. Z tohoto důvodu zůstala projekce souosá s kabinou simulátoru.

Vizualizace přístrojů

Platforma Microsoft Flight Simulator je rozdělena do několika samostatných oken, které jsou rozmístěny na jednotlivé obrazovky. Pro každou obrazovku je vytvořen virtuální 2D panel s veškerým přístrojovým vybavením, tj. obrazovky elektronických přístrojů, analogické přístroje, přepínače a kontrolky. Toto je možné podle potřeb neustále upravovat.

Celý tento koncept působí lehce nepřírozně, protože není kompaktní se samotnou kabinou simulátoru. Toho může být dosaženo jen velmi těžko, protože obrazovky mají jistou svítivost a jejich kontrast, resp. barva pozadí ve srovnání s fyzickými částmi palubní desky silně závisí na osvětlení kabiny. Jelikož se kabina nachází v nezatemněné místnosti, je její osvětlení závislé nejen na vnitřním osvětlení, ale i na denním světle, popř. počasí, protože to vše mění světelné podmínky v kabině a obrazovky tak působí jinak kontrastně. Docílit ideálního světelného rozložení, aby obrazovky splývaly s palubní deskou, je možné, ale pouze v dokonale zatemněné místnosti.



Obr. 4.3 Vizualizace přístrojů v simulátoru ÚLD

Výhoda tohoto konceptu spočívá v téměř neomezené variabilitě přístrojového vybavení, rozložení přístrojů, typovosti přístrojové desky.

Nevýhodou je již zmíněná rozdílnost oproti palubní desce. Jednou z dalších nevýhod je např. při použití v současném simulátoru zobrazení virtuálních přepínačů, které nelze ovládat jinak, než pomocí myši (podrobněji viz kapitola 4.3 Ergonomie), popř. pomocí dotykových obrazovek.

Propojení přístrojů a projekce

Vzhledem ke skutečnosti, že byly použity dva počítače, bylo nutné řešit jejich propojení, co se vizualizace týče. To znamená, že bylo nutné vyřešit, aby bylo projektorem zobrazován obraz, který by souhlasil s tím, co ukazují přístroje a naopak. Toto bylo vyřešeno pomocí software Wideview, který pomocí síťového propojení dvou počítačů přenáší informace ze serveru, kterým je dané letadlo, ke klientovi, což byl počítač zajišťující projekci. Výsledkem bylo sesouhlasení obou počítačů po spuštění simulátoru.

U tohoto softwaru se však objevila komplikace ve formě přenosu dat o počasí. Stalo se to, že ke klientovi (projekce) nedošly informace o počasí, tzn. ačkoliv na jednom počítači byl nastaven silný vítr, oblačnost, popř. srážky, na druhém se toto vzhledově neprojevalo. Vzhledem k účelu simulátoru lze tento problém vnímat jako závažný. Ačkoliv bylo provedeno značné množství testů, nepodařilo se příčinu objasnit, ani chybu napravit.

Dalším výrazným problémem bylo ovládání obou počítačů. Každý počítač je potřeba ovládat minimálně myší a klávesnicí. Vzhledem ke konstrukci systému Windows, na kterém software simulátoru běží, je možné tyto prvky omezit pouze na myši. Klávesnice se tak mohou použít pouze pro případ údržby nebo nezbytného ovládání při spuštění, vypínání nebo změnách podmínek v simulátoru. Jelikož simulátor neměl dostatečné množství ovládacích prvků (přepínače, otočné ovladače, apod.), bylo ovládání letadla řešeno dvěma způsoby:

- dotykové obrazovky
- pomocí počítačové myši

Později přibýly ovládací prvky autopilota a některých avionických systémů (nastavování kurzu - heading, úhlu trati - course). Ani tak to ale k ovládání letadla nestačilo, takže se k ovládání systémů musela využívat všech.

Jiná zobrazovací technika prozatím použita nebyla.

4.3 Ergonomie

V této části se budeme zabývat přizpůsobením ovládacích prvků kabiny i celého simulátoru a analýzou dosavadní situace. Shrneme-li poznatky z předchozích kapitol, můžeme rozdělit tuto část na tři a to:

- Vizuální stránka
- Ovládací stránka
- Přístupová stránka

Vizuální stránka

Do této části lze zařadit vše, co má podněcovat pocity v kabině tím, jak to vidí lidské oko. Za tyto prvky nemůžeme považovat pouze monitory, nebo projektory, ale všechno, co přispívá k celkovému vizuálnímu vzhledu a to, jak se na danou věc díváme.

V této části je potřeba zdůraznit, že letadlo samotné není příliš prostorným strojem a ani kokpit nebývá prostorný. Obvykle pro nezasvěceného člověka bývá obtížné dostat se vůbec na sedačku pilota a pro piloty je kokpit prakticky malým uzavřeným prostorem, do kterého se opatrně posadí, ale kromě přirozeného pohybu, potřebného pro vykonávání své práce, mají jen minimum prostoru navíc. I tohle přispívá k pocitu, že člověk nesedí v místnosti, ale podvědomě vnímá, že se stává součástí strojového celku, kterému má velet.

Prostředky pro vizualizaci jsou neméně důležité a hlavně během provozu mohou značně přispět např. k pocitům z letu. Zvětšení projekční plochy, kdy může člověk pozorovat krajinu kolem ve velkém úhlu ve značné míře ovlivní jeho myšlení. Při pohybu krajiny kolem navodí pocit, že se kabina skutečně pohybuje v prostředí, které pilot vidí. Jakýkoliv rušivý prvek v daném místě má za následek okamžité narušení celku a pocit skutečnosti velmi rychle mizí. Takovým rušivým prvkem v současnosti je právě již výše zmíněný roh učebny, na kterém se zakřivuje promítaný obraz. Dalším prvkem je to, že piloti vidí ven z kabiny, kde vidí jen část obrazu (projekční plocha je v poměru k výhledu z kabiny, byť i ten je značně omezen, velmi malá).

Ovládací stránka

Ovládací stránka zastřešuje veškeré prvky zajišťující ovládání simulátoru a to jak systémů letadla, které jsou důležité pro piloty, tak i prvky zajišťující chod simulátoru. Do části ovládání simulátoru, resp. jeho technického zázemí, popř. ovládání softwaru, který je základem pro simulátor patří:

- všechny silové vypínače
- všechny ovládací prvky určené technické obsluze

Všechny tyto prvky jsou limitovány účelem a přístupem. Ideální stav by nastal, kdyby všechny tyto prvky byly dostupné z jediného místa, tzn. že technická obsluha, resp. instruktor bude mít vše potřebné na svém stanovišti, na které když přijde, bude moci zprovoznit celý simulátor, obsluhovat jej a následně i vypnout. Takové stanoviště zajistí maximální efektivnost a rychlost obsluhy.

Dalšími prvky použitými při obsluze simulátoru jsou prvky nesouvisející s technickou obsluhou, ale s funkční obsluhou simulátoru, tzn. takové prvky, kterými je možné ovládat systémy simulovaného letadla. Těmito prvky jsou:

- myši
- klávesnice
- speciální hardware určený pro letecké simulátory
- dotykové obrazovky

Ovládací prvky obou počítačů jsou myši a klávesnice, jako u každého klasického stolního počítače. Kvůli snížení počtu kabelů a usnadnění přístupu byla zvolena varianta bezdrátových myší a klávesnic. Jelikož jsou dva počítače, je potřeba dvou myší i klávesnic. Při použití bezdrátové technologie se přišlo na jednu negativní stránku věci, kterou je vzájemné rušení těchto prvků navzájem. Pokud by tedy byli dva lidé, kteří by chtěli pracovat současně na obou počítačích, nastane problém, protože vlivem rušení funguje vždy jen jedna strana nebo žádná. Dále je nutno jak myši, tak klávesnice označit, protože byly zakoupeny stejné modely od stejného výrobce a tudíž je obtížné zjistit, která klávesnice a myš ovládá který počítač.

Při běžném provozu se používá pouze jedna myš (klávesnice není pro ovládání letadla bezprostředně potřeba), kterou se ovládají prvky mimo dotykové displeje. Toto řešení je silně nepraktické, protože mezi obrazovkami je rozšířena pracovní plocha systému Windows a ty nejsou seřazeny tak, jak jsou rozmístěny v kabině. Je tedy nutné, aby se osoby ovládající simulátor (ať už piloti, vyučující, nebo jiné osoby) naučily, jakým způsobem se pohybovat myší po obrazovkách. Vlivem umístění přijímače signálu (zhruba ve středu palubní desky v útrokách, nad počítači) někdy dochází k narušení signálu myši, takže ani použití jediné bezdrátové myši není zcela bez komplikací, co se funkčnosti týče. Tento způsob ovládání je

silně nepraktický, protože kabina na takový způsob ovládání není uzpůsobena. Sice je zvětšený středový panel, po kterém lze myší pohybovat, ale tento prostor je relativně hodně vzadu, takže pro sedícího pilota není vůbec pohodlné takto s myší pracovat.

Další nevýhodou je schopnost pracovat pouze jednoho člena posádky. Existují totiž situace, kdy potřebují v relativně krátkém čase oba piloti stisknout, přepnout nebo otočit některý z ovladačů letadla. Na dotykové obrazovce toto přílišným problémem není, snad možná ladění frekvencí radionavigačních prostředků. Často ale nastává problém, kdy je potřeba použít myš a obvykle pak vzniká situace, kdy jeden člen letové posádky čeká na druhého, než provede potřebnou činnost a zapne, vypne popř. přepne něco, co je v tu chvíli potřeba, aby si mohl přebrat myš a provést své úkony. Tyto situace, mimo to, že jsou extrémně daleko od reality, značně zdržují, resp. prodlužují reakční schopnosti posádky a jejich vlivem pak posádka není schopna reagovat včas na podněty, jak by mohla.

V praxi se ukázalo, že lze tyto postupy o něco urychlit tím, že budou piloti kombinovat jak dotykové obrazovky, tak ovládání za pomoci myši. Na základě těchto inovací se ale objevily další chyby vyvolané nevhodným způsobem ovládání systémů. Těmito chybami byly omyly při použití prostředku pro ovládání. Např. místo použití myši se často piloti pletli a snažili se přepnout některý přepínač jako na dotykové obrazovce i na těch obrazovkách, které nebyly dotykovými a naopak, kde toto nemuseli, zdržovali se zbytečně hledáním myši na některé z obrazovek. Výsledkem tedy bylo, že došlo k částečnému zkrácení reakce posádky, ale v porovnání s fyzickými ovladači nemůže doba reakce soupeřit.

Speciálním hardwarem dokoupeným pro tento letový simulátor je komponenta ovládání motorů, podvozku a vztlkových klapek, kovové berany a pedály od firmy ELITE. Jejich hlavní výhoda je kovová konstrukce, tzn. větší výdrž při provozním zatížení, a profesionální mechanické zpracování. Dalšími díly, které byly dokoupeny byly dvě části ovládání autopilota taktéž od firmy ELITE. Ačkoliv jsou tyto speciální komponenty kvalitně zpracované, jejich ovládací software postrádá některé důležité funkce. Každý prvek je definován v ovladačích jako konkrétní výrobek, který má několik neměnný nebo předdefinovaných funkcí - např. každá osa plynové páky má možnost být v ovladačích nastavena nějakým konkrétním způsobem. Je možno každou osu přesně kalibrovat, také je možno změnit přiřadit konkrétní funkci konkrétní ose, avšak toto jen v mezích dovolujících ovladače. Samotný software MS (platforma FS) tyto prvky nezobrazí jako připojené, tudíž

není možné měnit nastavení os nebo tlačítek jinak (např. přiřadit jiné funkce než ty, které jsou definované v ovládacím software ELITE). Celý systém je softwarově propojen tak, že platforma FS v nastavení ovladačů zařízení nezobrazí, ale dostává konkrétní informace skrze softwaru ELITE. Na jednu stranu je výhodnější, že kalibrace os a jejich snímání může být provedena specificky a tak, jak by to platforma MS FS nedokázala, ale na druhou stranu některé prvky mají předdefinované funkce, které nejsou pro systémy simulátoru potřebné a nelze je změnit. Z tohoto důvodu je mnoho tlačítek těchto zařízení nevyužito a budeme-li chtít ovládat konkrétní funkce letadla pomocí tlačítek nebo přepínačů, nebude možné tyto nevyužité komponenty zapojit. Další nevýhodou je fakt, že systémy ELITE jsou postaveny na komunikační bázi s platformou FS9, popř. FSX, ovšem pouze v základní rovině. Budeme-li používat sofistikovanější doplňky, jakými je např. již zavedený Beechcraft B200, nastane potíže. Avionické systémy tohoto produktu jsou propojeny a fungují mimo základní rámec platformy FS9, tudíž některé funkce produktů firmy ELITE nejsou podporovány, tzn. nejsou funkční. Tímto způsobem ztrácíme možnost využití dalších funkčních celků. Pokud bychom chtěli využít plně potenciál produktů ELITE, museli bychom upravit systémy tak, aby jejich funkce vycházely z vnitřního základu naprogramovaných funkcí platformy MS FS. Takovým řešením ale ztratíme provázanost mnoha systémů, které v sobě tyto komplexní produkty (model letadla) mají.

Posledním z uvedených ovládacích prvků jsou dvě dotykové obrazovky umístěné uprostřed palubní desky. Záměr byl prostý - místo tvorby komplikované kabiny s použitím mnoha přepínačů, vedení spousty drátů a výroby nebo nákupu složitých elektronických komponent všechno soustředit na dvě dotykové obrazovky, přes které lze zobrazit jakýkoliv panel a ovládat jej lze jen dotykem prstu. Pokud je přístrojová deska simulovaného modelu letadla upravitelná, lze všechny ovládací prvky přemístit do panelů, které budou zobrazovat oba dotykové monitory. V podstatě se jedná o velmi jednoduché řešení, ale to má háček. Takovým způsobem nelze ovládat např. radiostanice nebo některé navigační nebo aerometrické přístroje, které potřebují k ovládání otočné ovladače. Přístroje jsou uzpůsobeny pro "klikání" tím, že mají definované oblasti, ve kterých když dojde ke stisku klávesy, přiřazená hodnota vzroste o předem definovaný počet jednotek a oblasti, kde je tomu naopak. Ovšem tyto oblasti nebývají příliš velké (jsou uzpůsobeny pro práci s myší) a zároveň bývají součástí přístroje, což je např. u přístrojů, jako umělý horizont, výškoměr nebo HSI silně nepraktické, jelikož tyto přístroje se musí nacházet v místech mimo dotykovou obrazovku.

Výsledkem je tedy již dříve popsána skutečnost, že k ovládní je zapotřebí myš a práci pilotů lze částečně usnadnit za pomoci dotykového monitoru.

4.4 Rozmístění osob v simulátoru

V současné době jsou v kabině simulátoru trvale umístěny dvě sedačky pro piloty. Kabina samotná poskytuje dostatek prostoru pro umístění několika dalších osob.

V době běžného provozu se zde nacházejí dva piloti a za nimi sedí instruktor. Stanoviště instruktorského pracoviště bylo vyřešeno jako přenosná soustava, kterou tvoří pouze notebook a do kterého je případně možno zapojit sluchátka pro simulaci komunikace. Notebook se připojí za pomoci síťového kabelu k řídicímu počítači simulátoru a software na notebooku se propojí s platformou na řídicím počítači. Výsledkem je možnost ovlivňovat povětrnostní podmínky a funkčnost některých systémů letadla, včetně motorů.

V době vědeckovýzkumných činností na simulátoru zde mohou být přivedeny vstupy od mnoha dalších přístrojů, kterými výzkumníci monitorují piloty. Pozorovatelé se mohou vměstnat do kabiny spolu s instruktorem. Maximální počet osob, který se může v kabině vyskytovat je pět, tj. dva piloti a tři lidé za nimi. V takovém případě však rapidně ubude prostoru v kabině a hlavně, protože se jedná o malou prakticky uzavřenou místnost, se zde vydýchá vzduch. Přidáme-li k tomuto teplý vzduch z počítačů, který je vyfukován směrem do kabiny, netrvá dlouho a v kabině se razantně snižují přijatelné podmínky pro provádění činnosti na simulátoru.

Z tohoto důvodu je vhodné, aby v kabině simulátoru pobývaly současně maximálně tři osoby. V případě vědeckovýzkumných činností např. piloti a jeden pozorovatel a instruktor, resp. technický dozor může pobývat vně kabiny a monitorovat dění na dálku pomocí mobilního instruktorského pracoviště.

Nežádoucí je v tomto uskupení rušení posádky. V případě přípravy, resp. výuky je přítomnost další osoby, konkrétně instruktora v kabině žádoucí. Může zasahovat, radit, popř. instruovat o postupech a potřebných činnostech a zároveň může dohlížet na dění v kabině. V případě vědeckovýzkumných činnostech je přítomnost další jedné nebo hůře dvou a více osob už rušivá. Tyto další osoby mezi sebou mohou mít potřebu komunikovat (např.

si potřebují předat informace o dalším vedení experimentu, radí se ohledně zjištěných skutečností apod.), což může rušit piloty při letu. Vzniká pak atmosféra, kdy mohou mít piloti tendenci komunikovat s okolím a výsledek experimentu tak může být ovlivněn. Proto je vhodné, aby existovala možnost, jak pozorovat a ovlivňovat dění v kabině simulátoru bez nutnosti bezprostřední přítomnosti kterékoli z pozorujících nebo kontrolujících osob (všech mimo pilotů).

4.5 Ventilační technika

Jak již bylo v předchozí části nastíněno, v kabině simulátoru dochází k nepříjemnému zahřívání vzduchu a špatnému odvětrávání. Dochází k tomu tak, že počítače jsou otočeny směrem ven z kabiny a nabírají chladnější vzduch z venčí, který proudí přes elektroniku směrem dozadu (jak je to řešeno u počítačů standardně), kde se již zahřátý vzduch dostává do prostoru posádky. Dalším činitelem působícím na zahřívání je samotná přítomnost osob v kabině. Každá z osob vyzařuje určité množství tepla, tudíž čím více lidí se bude v kabině nacházet, tím rychleji bude teplota vzduchu v kabině růst.

Částečným řešením tohoto fenoménu byla instalace dvou ventilátorů na střešku kabiny (tedy do prostoru výskytu nejteplejšího vzduchu), které mají za úkol tento teplý vzduch odsávat směrem nahoru, pryč z kabiny. Ačkoliv mají oba větráky v celku silný tah, tak pokud se v kabině nachází větší množství lidí, nebo simulátor běží delší dobu (tzn. elektronika se zahřívá na provozní teplotu), kabina se přehřívá tak rychle, že ventilátory nestíhají odvětrávat s dostatečnou rychlostí. Nejhorší situace je v zadní části simulátoru, jelikož pro lepší tah je vhodné mít kabinu uzavřenou a vzduch při plném tahu proudí dovnitř kabiny pouze skrze přední servisní dvířka, které jsou v průběhu provozu stále otevřená. Proud vzduchu přispívá k lepšímu chlazení počítačů, které jsou přímo místě, kudy vzduch vstupuje do simulátoru, tudíž vlivem ohřátí nového vzduchu od elektroniky je snížena účinnost ochlazování vnitřních prostor kabiny. Proud je odčerpáván směrem nahoru, takže do zadní části, kde sedí pozorovatelé, popř. instruktor nebo technický dozor, se chladnější a čerstvý vzduch dostává jen v minimální míře. Řešení je tedy nedostatečné a je nutné jej upravit.

Chlazení přístrojové desky není řešeno žádným způsobem. LCD monitory nevykazují během provozu velké teplo, tudíž jejich chlazení není kritickou záležitostí, ovšem je nutno ji uvažovat, protože přehřátím monitoru může docházet ke snížení jeho funkčnosti

a v extrémním případě poškození. Např. v praxi se u dotykových monitorů stávalo, že při přílišném přehřátí kabiny nebyly monitory schopny odvádět dostatek tepla a přestaly na nějakou dobu fungovat jako dotykové.

4.6 Stanoviště instruktora

Instruktorské pracoviště je řešeno, jak již bylo výše zmíněno, jako mobilní. Hlavní výhodou je to, že instruktor se může se svým softwarem přemístit kamkoliv, kde je schopen dovést síťový kabel. Nemá určeno pevné místo a tím pádem podle potřeby může sedět v prostoru za piloty a sledovat průběh letu a ovlivňovat jej a nebo může sedět kdekoliv mimo kabinu simulátoru a sledovat průběh letu tam s tím, že může využít počítačových komunikačních prostředků např. pro nácvik frazeologie nebo některých postupů.

Nevýhodou řešení je absence výnosu přístrojů. Pro případ vědeckovýzkumné činnosti není jeho přítomnost v simulátoru bezprostředně nutná, avšak chybějící údaje některých přístrojů (např. jejich nastavení) a absence pohledu do kabiny (např. skrze kamerový systém) značně snižuje schopnosti vyhodnotit situaci v kabině. Z tohoto důvodu je v současnosti jeho přítomnost v kabině žádoucí, což má ale nepříznivý vliv na chování posádky, tzn. může to ovlivnit výsledky experimentů.

5 Návrh modernizace letového simulátoru PC – SIM 01

Po předchozí analýze současného stavu nám vchází základní body modernizace, na které je třeba se zaměřit. Vzhledem k tomu, že dojde k nápravě nedostatků tím, že se některé části simulátoru změní, odstraní nebo doplní, vznikne zde prostor pro řešení dalších, podružných, neméně důležitých prvků tak, aby se případné nežádoucí účinky místo redukce pouze nepřesunuly do jiných oblastí a nebo aby se nevytvořily nové nedostatky, které mohou vytvářet stejné nebo ještě horší nežádoucí účinky. Například pro napravení chyby výhledu z kabiny (aby se pilot díval s přirozeně dopředu místo nepřirozeného pohledu nahoru) je potřeba zvednout pilotovu hlavu. Toho můžeme docílit změnou výšky podlahy simulátoru, kvůli které je potřeba upravit celou konstrukci přístrojového vybavení, řízení a sedaček, protože např. neupravením palubní desky by vzniknul problém s nedostatkem místa pro nohy kvůli příliš malému prostoru pod touto palubní deskou, který nelze zvětšit kvůli umístění obrazovek a řízení. Řízení nemůže zůstat ve stejné poloze, protože by bylo nepoužitelné, jelikož by měl pilot řídicí prvky příliš nízko a letadlo by se ovládalo velmi špatně. S tímto se musí upravit i všechny související ovládací prvky, protože bude pilot sedět výš, nedosáhnul by na některé ostatní prvky, apod. Některé oblasti modernizace je potřeba řešit z důvodu nutnosti, protože jisté nedostatky (např. již jmenovaný výhled z kabiny, ventilace nebo propojení počítačů) jsou pro funkčnost simulátoru klíčové a bez řešení těchto záležitostí by simulátor neměl dobrý funkční základ a tudíž veškerá nadstavba na tento nefunkční celek by byla deformována nepříznivými vlivy a simulátor by nebyl schopen kvalitního provozu. Shrňme-li oblasti, ve kterých se budou provádět změny, budou to tyto:

- Elektroinstalace
- Vizualizace
- Ergonomie kokpitu
- Ventilace
- Další podružné součásti důležité pro funkčnost kabiny

Hlavním cílem modernizace je v rámci možností v co největší míře zkvalitnit simulaci, kterou bude tento projekt schopen vytvořit a to jak po vizuální, tak pro ovládací stránce. Důležitým cílem je nejen odstranění zjištěných nedostatků, ale taktéž zvýšení pohodlí

ovládání systémů, resp. technického zázemí simulátoru. Vhodnými úpravami můžeme dosáhnout i zlepšení zázemí pro vědecké experimenty.

Palubní deska bude tvořena dřevěnou deskou, ve které budou otvory pro monitory. Za palubní desku se upevní konstrukce, která bude držet jak desku, tak monitory. Na monitorech budou zobrazeny vybrané přístroje, které budou omezeny jen na ty, které je bezprostředně nutné zobrazovat (tj. žádné tlačítka, ale jednotlivé přístroje, výstražné světla apod.).

Změna palubní desky se bude týkat zobrazení přístrojů. Doposud byly přístroje zobrazeny na monitorech s podkladovou texturou kabiny, tedy jednotlivé přístroje nezapadaly do celkového vzhledu palubní desky. Nyní bude nejen změněn tvar palubní desky, ale zároveň všechny monitory budou překryty další, tvarovanou deskou, která bude mít výřezy na jednotlivé přístroje. Výsledkem bude palubní deska, která bude působit jednotným dojmem a do které budou jen zasazeny přístroje.

V případě simulování EFISu narozdíl od mechanicky vzhlížejících přístrojů bude celý systém působit o mnoho věrohodněji, jelikož obrazovky budou skutečnými obrazovkami. Co je důležité, díky krytu monitoru máme příležitost vsadit ovládací prvky daných přístrojů do libovolného místa. Například nastavování tlaku výškoměru je u skutečného přístroje řešeno otočným prvkem, který je umístěn na kraji přístroje (je jeho součástí) a v případě použití obrazovek bez krytů je jedinou možností, jak tento přístroj manuálně ovládat fyzickým ovladačem, jeho umístění mimo plochu obrazovky. Další výhodou krytů je drobné odlehčení hardwaru počítače, protože použití podkladové textury panelu (to co je zobrazeno pod samotnými přístroji, jako náhražka palubní desky) není potřeba, protože mimo samotných přístrojů nebude skrze kryt monitoru nic vidět. Nejen, že zde můžeme docílit výrazně věrohodnějšího vzhledu kabiny, ale také získáme prostor pro další umístění ovládacích prvků.

Celý systém takového zobrazení je velmi prostý. Jeho propracovanost ale závisí na propracovanosti krytů a způsobu realizace ovladačů daných přístrojů. Při dostatečném elektrotechnickém zázemí a schopnostech realizačního týmu kombinovat hardwarové prvky a vytvářet software je možné docílit opravdu velmi působivých výsledků.

V našich podmínkách bude řešení modernizace značně omezeno, jednak nedostatkem pracovních dispozic - kvalitní práce si žádá tři vstupní parametry, kterými je kvalitní zázemí, dostatek času a adekvátní finanční obnos. Potřebný vývoj a tvorba ovladačů, ačkoliv je na webových stránkách množství návodů, zabírá mnohem více času, než je máme k dispozici, jelikož modernizace simulátoru jej na jistou dobu odstavuje z provozu. Toto má samozřejmě negativní vliv na provozní kapacity výukové místnosti. Nejen, že není možné provádět výuku, popř. vědeckovýzkumnou činnost na tomto simulátoru, ale také vlivem množství materiálu a práce omezuje rámcové možnosti vyučování v daném prostoru (např. při vrtání nelze přednášet, apod.).

Avionické systémy

K modernizaci stávajících avionických systémů můžeme přistupovat několika způsoby. Tím prvním je nejjednodušší varianta. Ke stávajícímu stavu se pouze upraví vzhled odmazáním nepotřebného pozadí, zachová se pozice a velikost přístrojů, podle kterých se vytvoří masky na monitory a podle potřeby a v rámci programovacích možností se vestaví ovládací prvky, které budou schopny ovládat veškeré ovladače, které byly doposud zobrazeny na obrazovkách.

Výhodou je pouhá úprava fyzického vzhledu masek do míry odpovídající systému dříve zobrazovaného letadla (v našem případě Beechcraft B200 Super KingAir).

Nevýhodou je nutná detailnější příprava vzhledu masek pro monitory, aby lépe korespondovaly se vzhledem samotných přístrojů a s tím souvisí i vhodné upravení a konstrukce zbytku interiéru, který k tomu musí být přizpůsoben (není však nutností). Tím může nastat situace, kdy bude kabina rozličným způsobem vzhledově upravena a tím získá dojem roztržitého kokpitu (laicky řečeno hrubý nepromyšlený polotovár). Může taktéž nastat problém s přiřazením všech tlačítek k jejich funkcím, protože systémy, které používají některé kvalitnější modely letadel tvořené pro platformy MS FS9 nebo MS FSX využívají vlastní systém příkazů, do kterých může být problematické proniknout. Ovšem to záleží na umu programátora, nakolik je zdatný v těchto záležitostech.

Druhou možností, jak vylepšit avionické systémy může být použití základu, který nabízí platforma MS FS9, popř. MS FSX a postavit systémy jednoduše na takové bázi, aby

dostatečně spolupracovaly a zároveň, aby přiměřeně simulovaly systémy daného letadla. Vzhledem k tomu, že se nejedná o striktně typový simulátor, ale o kategorický simulátor, tj. takový, který se snaží napodobit třídu letounů spíše než konkrétní typ, mohou být odlišnosti některých systémů přijatelné, protože se mezi jednotlivými typy dané kategorie letadel liší.

Výhodou je snadnější přístup k ovládacím příkazům simulátoru, větší perspektiva využití již vlastněných komponentů ELITE, které fungují jen na bázi základních příkazů platformy MS FS a možnost vlastního provázání systémů tak, jak se hodí pro konkrétní simulátor.

Nevýhodou je menší variabilita a schopnosti provázanosti systémů, resp. jejich složitost. Např. pro tvorbu systémů, které by měly simulovat provázanost avionických systémů, jak je tomu u složitých soustav, které využívají třeba FMS, by bylo zapotřebí vytvořit zcela nový software, popř. hardware, který by byl k takovému použití přizpůsoben a poté by komunikoval s platformou MS FS prostřednictvím softwarově předdefinovanými příkazy, tzn. jednalo by se prakticky o stejnou konstrukci, jakou nabízí firma ELITE, tedy relativně kvalitní ovladač s vlastním softwarem, který zpracovává podněty z hardwarového zařízení a ve výsledku komunikuje s platformou simulátoru prostřednictvím jednoduchých příkazů, které jsou MS FS předdefinovány.

Tento způsob by byl velmi složitý, co se výroby týče, protože by bylo zapotřebí vytvořit hardware a software explicitně a ten propojit se simulátorem. V platformě by se poté muselo použít přístrojů a zobrazovacích prvků, které by komunikovaly jen na základě předdefinovaných příkazů platformy MS FS. Sloučení všech těchto částí do funkčního celku, který by fungoval dle předpokladů by bylo nesmírně pracné a pro tuto modernizaci se tak nejeví vzhledem ke své složitosti, jako přijatelná varianta. V jiném případě by byla tato varianta v celku výhodná, protože v rámci tvorby vlastního software by mohly být vytvořeny i vizuální prvky, jakými jsou přístroje, mohly by být definovány podněty pro hardware k rozsvícení kontrolky, atd. a samotná platforma MS FS9 nebo MS FSX by byla použita jen v minimální míře, tj. pro projekci okolního prostředí. Tato varianta by mohla být použitelná pro případné budoucí inovace, které by simulátor posunuly opět o krok dál ve vývoji.

A konečně třetí možností, jak upravit avioniku je teoretická kombinace prvního bodu a druhého. V praxi by to znamenalo vytvořit přístroje, které by byly vzhledově přizpůsobené

přístrojové desce a ty propojit programově přímo v platformě MS FS s jinými přístroji daného letadla, popř. vytvořit jen některé jednoduché vazby, které by bylo možno vytvořit v požadované kvalitě a s využitelnými účinky, popř. použít dodatečný software napodobující avioniku, který by mohl simulovat i složitější systém.

Jedním z takových systémů je produkt Virtual Aviation Suite fmc (VASfmc). Jedná se o univerzální programovatelný software imitující flight management system letadla. Je vytvořen ve dvou stylech, u kterých vychází buďto ze systémů Boeingu 737 NG nebo jeho ekvivalentu Airbusu A320. Rozdíl mezi těmito styly je pouze ve zobrazení údajů. Ovládání zůstává stejné. Jelikož FMS je komplexní systém, který počítá nejrůznější letové údaje z parametrů a výkonů konkrétního letadla (zde nejde jen o typ, ale o konkrétní stroj, jelikož i typy se mezi sebou mohou lišit, např. výkonnostními parametry motorů), bere VAS fmc tyto údaje z konfiguračního souboru, ve kterém jsou tyto parametry určeny a při spuštění systému lze přes CDU zvolit, který soubor má být použit. Tyto soubory jsou upravitelné, takže je možné vytvořit konfigurační soubor pro konkrétní typ stroje, v našem případě pro letoun kategorie Beechcraft B200.

Tento program je tvořen buďto pro jednu stranu (tzn. přístroje jsou stanoveny jen pro jednoho pilota) a nebo ve verzi 2 jsou vytvořeny samostatné přístroje pro pravou i levou stranu, tzn. jejich použití je možné ve dvoupilotním letadle, včetně dvou propojených CDU. Další výhoda software je v jeho v celku snadné spolupráce s programem FSUIPC, který zajišťuje propojení platformy MS FS s jinými softwary.

Program FSUIPC může fungovat na dvou licencích. Lze sehnat freeware licenci, kdy se díky tomuto programu dá propojit externí software - využívají toho hojně složitější modely letadel a nebo i program VASfmc. Pokud si však zaplatíme licenci FSUIPC, získáme tím velké množství funkcí navíc. Mezi hojně používané patří schopnost úpravy počasí, kdy např. při letu z místa A do místa B, kde je jiné počasí, FS v určitém místě překročí hranici, za kterou simuluje počasí ze stanice A na stanici B a to může způsobit velké změny jak ve viditelnosti, rychlosti a směru větru, tlaku nebo oblačnosti, placená licence FSUIPC umožňuje jistým způsobem (podle nastavení) tyto změny vyhladit, tzn. že při přechodu z místa s počasím ze stanice A do místa s počasím ze stanice B tento přechod FSUIPC vyhladí, což působí výrazně realističtěji. Tento fenomén lze taktéž využít při stahování počasí z internetu, kdy simulátor stahuje co 15 min počasí, které se za tuto dobu může výrazně

změnit. Pro nás je však neméně důležitá jiná možnost, kterou FSUIPC s payware licencí nabízí. Tou je nastavování tzv. maker.

Makro je v podstatě příkaz, kdy můžeme např. při snímání určité události přiřadit, co se má dít v případě, kdy událost nastane (např. stisk tlačítka joysticku) a nebo kdy událost nenastane (tlačítko zmáčknuto nebylo). V základu je vytvořeno velké množství předpřipravených maker, které lze využít, ale aby toto nebylo málo, FSUIPC nabízí možnost vytvoření vlastního makra s prakticky libovolným příkazem. Právě téhle možnosti lze výborně využít ve spojení s VAS fmc, které bylo vyvíjeno i s tímto záměrem. V příloze programu, resp. v její dokumentaci jsou popsány příkazy, které jsou v programu VAS fmc použity pro konkrétní události (např. stisk konkrétní klávesy CDU, přepnutí konkrétního spínače, atd.). Díky této pomoci ve spojení s FSUIPC s payware licencí je možné nastavit kompletní ovládání tohoto software na např. hardware další klávesnice připojeného k jednomu PC a upravenému pro toto speciální použití. Úpravou se myslí např. jiné rozmístění tlačítek, atd.

S využitím tohoto programu a dobrým naprogramováním funkcí je možno získat zjednodušenou variantu FMS, který umožňuje prostorovou navigaci a létání podle takovýchto přístrojů může přispět k rozšíření oblasti, kterou simulátor bude pokrývat.

Všechny tyto systémy je možné měnit, jelikož se jedná pouze o softwarovou záležitost, kterou lze přizpůsobit pro konkrétní účel a umístění v kabině buď prostřednictvím vlastního hardware nebo s využitím již hotových hardwarových součástí (klávesnice, myši, joysticky, atp.) upravených pro tento účel. Takovým způsobem lze simulátor zcela oprostit od nežádoucího ovládání skrze myši nebo jiné prostředky, které nepatří do standardů letové simulace a je možno tímto vytvořit kabinu dle vlastních potřeb.

5.1 Elektroinstalace

Elektroinstalaci modernizovaného simulátoru ovlivňuje několik faktorů. Ty ovlivňují umístění a vedení kabeláže, rozmístění zásuvek nebo uzlů. Hlavní a také nejviditelnější změnou v místnosti je posunutí kabiny simulátoru od zdi doprostřed učebny. Dříve byla elektrická energie přivedena dvěma prodlužovacími šňůrami, které byly připojeny

do elektrické sítě učebny na zdi před simulátorem. Vzhledem k délce kabelů obou prodlužovacích šňůr je možné použít stejný systém i pro přivedení elektrické energie do modernizovaného simulátoru, jen je zapotřebí upravit jejich vedení po zemi. V závislosti na umístění projekční plochy bude ale nutné provést výraznější změny uvnitř kabiny. Doposud byly konce obou prodlužovacích šňůr (každý s pěti vývody) umístěny na vnitřní straně čela simulátoru (nad servisními dvířky).

Jelikož bude před simulátorem zhruba jeden metr místa kvůli plánované válcové projekci, není vhodné vytvářet přístup z těchto míst. Mohlo by se stát, že osoba pohybující se na tak malém prostoru může nedopatřením pošpinit, pokřivit nebo v nejhorším případě poškodit jakýmkoliv způsobem projekční plochu. To by si žádalo novou kalibraci celé projekce, která zahrnuje nastavování projektorů a seřizování projekční plochy. Z tohoto důvodu je nutné minimalizovat pohyb osob v tomto prostoru. Zevnitř kabiny na tyto místa nebude prakticky žádný přístup, jelikož před čelní stěnou kabiny bude umístěna palubní deska s veškerou kabeláží a obrazovkami. Proto je nutné přemístit prodlužovací šňůry do takových míst, kde k nim bude umožněn přístup zevnitř simulátoru, ideálně v místech, které bude mít v dosahu instruktor, tj. poblíž pracoviště instruktora. Umístění těchto šňůr závisí taktéž na dosahu napájecích kabelů od spotřebičů, které budou na tyto šňůry připojeny. Z tohoto důvodu bude nejlepším místem středový panel, kde bude zároveň přístup k samotnému počítači. Pro vedení kabeláže je v otvoru v podlaze dostatek místa a kolem počítače bude taktéž dostatek místa pro vedení napájení. Zhruba stejnými místy bude nutné vést taktéž datové kabely, které budou vedeny od počítače k projektorům a všem obrazovkám palubní desky.

5.2 Zobrazovací technika

Doposud kabina simulátoru disponovala pěti monitory uvnitř kabiny a jedním projektorem. Vizualizace pro instruktora byla řešena výnosem vertikálního a horizontálního průběhu letu a číselně zde jsou zobrazovány hodnoty parametrů motorů a nastavení navigačních přístrojů.

V rámci modernizace bude vystavěna nová projekční plocha válcového tvaru, která bude osvětlována třemi projektory. Vše bude koncipováno tak, aby piloti při pohledu z kabiny viděli pouze okolní prostředí simulátoru, což výrazně přispívá k pocitu z letu. Při běžném

provozním posazení pilotů by nemělo docházet k tomu, že by viděli např. okraj projekční plochy nebo nějaké části učebny.

Počet projektorů tedy vzroste z 1 na 3. Naopak počet obrazovek uvnitř kabiny bude snížen ze současných pěti na původní čtyři, co se týče palubní desky a jedna by měla být staticky umístěna na stole instruktora, který bude taktéž vestavěn za jednu z pilotních sedaček. Počet počítačů bude zredukován ze dvou, ovládajících simulátor jako projekci a přístrojové obrazovky na pouhý jeden, který bude obsluhovat veškerou projekci i vnitřní monitory. Vzhledem k možnostem, které počítačová technika naskýtá je nutné pečlivě uvážit vnitřní uskupení v kabině.

Původní obrazovky byly použity v klasickém poměru stran 4:3. Dnes je k dispozici technologie širokoúhlých monitorů, což nabízí o něco širší možnosti, co se palubní desky týče. Počítač bude disponovat dvěma grafickými kartami, z nichž každá poskytuje dva výstupy. Jelikož však potřebujeme pro provoz celkem osm výstupů, je nutné toto řešit pomocí externích zařízení zvaných Triple head 2 go, což jsou zařízení, které spojí až tři monitory a potřebují jediný vstup. V počítači, když se nastavuje rozšíření pracovní plochy ve vlastnostech systému windows se pak výstup ze triple head 2 go chová, jako jeden monitor o rozlišení, které je rovno součtu rozlišení všech připojených monitorů. Budeme-li tedy mít tři monitory, každý o rozlišení 1024x768 pixelů, jejich spojením získáme virtuální monitor, který má rozlišení 3072x768, což je opravdu velká plocha. Tímto způsobem bude potřeba použít dvou zařízení triple head. ÚLD disponuje v současnosti dvěma takovými zařízeními. Jedním, které využívá analogový vstup i výstup a druhé, které využívá digitální vstup a výstup. Přenos analogového signálu přes datový kabel na velké vzdálenosti je komplikovaný a s rostoucí délkou slábne. U digitálního tomu tak není, tudíž určení, která verze triple head to go má být na co použita je v celku snadné. Pro obrazovky uvnitř kabiny simulátoru bude potřeba kabel o délce od počítače k obrazovkám daleko kratší, než tomu bude u projektorů, protože počítač bude umístěn ve středovém panelu, obrazovky s přístroji budou nedaleko na panelu, který bude ihned za středovým panelem. Digitální zařízení Triple head to go bude tedy použito pro dlouhé vedení kabeláže pro projektory, které budou umístěny nad kabinou simulátoru. Jelikož bude potřebná délka kabeláže velká, digitální signál zajistí, že nebude narušena možnost projekce projektorů nežádoucími vlivy slabého analogového signálu.

Dalším zobrazovacím elementem uvnitř kabiny bude instruktorské pracoviště. To bude kombinované. Jedna obrazovka bude vybavena hlavním oknem FS a bude hlavním oknem systému Windows, aby bylo možno pohodlně ovládat počítač a jeho zázemí. K dispozici bude standardně klávesnice a myš. Na této obrazovce bude vytvořen speciální pohled, na kterém bude pohled ven z kabiny (kvůli kontrole instruktora a přehledu, co mají piloti před sebou) kombinovaný z výnosem podobným s HUD používaného na moderních dopravních strojích nebo známějšího ze stíhacích letounů.

Tento HUD bude mít výnos umělého horizontu, nastavení HSI kombinovaného s RMI, nastavení výškoměru, výnos rychlosti, výšky, radiovýšky (výnos z radiovýškoměru; výška nad zemí), popř. další informace, které bude instruktor potřebovat. Mimo tento speciální pohled zde bude umístěno digitální zobrazení nastavení radiostanic, digitální zobrazení parametrů motoru a informace o draku letadla (pozice klapky, vyvážení) a podvozku. Přístrojové vybavení pro instruktora se bude diametrálně lišit od toho, co budou mít k dispozici piloti, protože piloti budou mít k dispozici přístroje, na které bude potřeba více pozornosti. Digitální forma zobrazení na panelu instruktora je důležitou součástí jeho sledovací schopnosti, protože vhodně zpracovaný elektronický přístroj je schopen zobrazit obrovské množství informací, které lidský mozek dokáže zpracovat lépe, než z mnoha kruhových přístrojů, které musí člověk sledovat na výrazně větším prostoru. Navíc informace o výhledu z kabiny může být nápomocná při kontrole dodržování postupů, tzn. piloti mohou tvrdit, že dráhu vidí v době, kdy tomu tak není a protože instruktor uvidí stejné podmínky jako piloti, bude mít možnost ověřit, zda např. piloti opravdu dráhu vidí, nebo ne. Mohlo by to být i dobrým ukazatelem při nahrávání záznamu.

5.3 Ergonomie

Do současnosti byla ergonomie v kabině simulátoru řešena jen minimálně. Modernizace by již měla řešit některé zjištěné nedostatky. Mezi nejdůležitější patří:

- Absence opěrek na sedačkách
- Nevhodný výhled z kabiny
- Nedořešený systém ovládání motorů
- Chybějící dvojí řízení
- Nevhodné řešení ovladatelnosti systémů letadla

- Výnosy pro instruktorské pracoviště
- Dostupnost ovládacích prvků technického zázemí simulátoru

Absence opěrek na sedačkách se projevily během dlouhodobějších letů. Vzhledem k poloze řízení bylo nutné prakticky celou dobu držet ruce v podstatě zvednuté. Toto bylo při delších letech krajně nepohodlné. Řešením bylo přidělat k sedačkám opěrky na ruce, ovšem to by znamenalo jen částečný zásah do konstrukce. Dalším nedostatkem sedaček byla jejich volná pozice v simulátoru. Nebyly nikterak připevněny k podlaze, tudíž při řízení nožním řízením docházelo k odsouvání sedačky nebo jejímu naklápění.

Oba tyto problémy byly vyřešeny konstrukcí nových sedaček, které budou přichyceny k podlaze, tzn. nehrozí jejich samovolný pohyb a zároveň součástí konstrukce byla tvorba již zmíněných chybějících opěrek na ruce, které jsou na nových sedačkách stavitelné.

Nevhodný výhled z kabiny byl řešen zvýšením podlahy, což má za následek zvednutí polohy hlavy pilotů, což je příznivé vzhledem k výšce oken v kabině. Dalším prvkem řešení tohoto nedostatku je vybudování větší projekce, kdy budou mít piloti k dispozici větší rozsah zobrazování okolního prostředí. Bližší popis poskytuje kapitola 5.2 Zobrazovací technika.

Nedořešení ovládání motorů spočívalo v započaté úpravě zakoupených plynových pák od firmy ELITE, které zajišťují ovládání tahu obou motorů simulovaného letounu, natáčení listu vrtule, řízení palivové směsi a navíc obsahují dva přepínače, kdy jeden ovládá podvozek a druhý vztlakové klapky. Řešení spočívalo v přeměně pák z malé krabičky usazené na středovém panelu na použití získaných pák ovládání motoru z reálného letounu L-410 Turbolet. Tyto páky byly umístěny na jednu hřídel, kolem které se otáčely a byly modelářskými táhly spojeny s původním hardwarem firmy ELITE, který byl nově umístěn pod kryt středového panelu. Páky získané z reálného letadla pak byly stáhnuty šroubem, kvůli tuhosti při pohybu, avšak distanční vložky, které mezi ně byly umístěny neposkytovaly dostatečnou kluznost, takže se objevil problém, kdy se společně pohybovalo několik pák. Nejvíce znatelné to bylo mezi plynovou pákou pravého motoru (č.2) a pákou stavění vrtule levého motoru (č.1), tzn. dvě sousedící páky. Vlivem nedostatku časových možností nebyly dokončeny dorazy pák, tzn., že v krajních polohách pilot neměl nic, co by mu bránilo v dalším pohybu a v případech, kdy se na simulátor dostaly osoby málo zasvěcené se občas stávalo, že prudkým pohybem do krajní polohy se odpojila plastová vidlice táhlového mechanismu řízení, což muselo být napraveno.

Nové uspořádání plynových pák bude fungovat na stejném principu. Jelikož jsou páky z letounu L-410 v zachovalém stavu, obsahují taktéž čepy s válečky, které sloužily k vedení páky a k vymezení dorazů (krajních poloh). Tyto části pák jsou umístěné na pohyblivém pásu na pružině, kdy pomocnou páčkou je možné tyto čepy vzhledem k ose otáčení páky posouvat směrem nahoru (v dolní poloze je drží pružina). V reálném letadle bylo řešení prosté. Každá plynová páka měla vedle sebe plech, ve kterém byla vytvořena vodící drážka, ve které se pohyboval čep páky. V poloze pro volnoběh byl vytvořen zub, který zajistil, že s pákou nešlo pohybovat do polohy "revers". K tomu, abychom mohli tento režim použít bylo potřeba zvednout čep, aby se dostal přes již zmíněný zub. To znamená, musela se přizvednout pomocná páčka na této plynové páce. Vedení pro simulátor bude uzpůsobeno identickým způsobem. Páky budou upraveny tak, aby k nim bylo možno připevnit modelářské táhla, které budou páky spojit s plynovým segmentem firmy ELITE.

Výsledný mechanismus bude zakryt pomocí plechů, tudíž celý mechanismus, včetně vedení čepů jednotlivých pák bude skryto před zraky pilotů. Díky těmto vodícím plechům bude vyřešen taktéž problém se souběžným nechtěným pohybem několika pák. Všechny plechy s vodící drážkou bude nutné upevnit aby nebyly pohyblivé. Vodících plechů bude stejný počet, jako plynových pák, tzn. že mezi každými dvěma pákami bude tento pevný vodící plech. Pokud se vloží distanční kluzná podložka mezi plech a páku (což je nutné), bude otáčivý pohyb páky mít tendenci ovlivňovat místo druhé páky pevný plech. Ten se však hýbat nebude, takže další páka být ovlivněna nemůže. Celý tento mechanismus je možno přitahovat nebo povolovat podle potřeby, jelikož bude na jedné hřídeli zakončené závitem, kde bude utahovací matice. Vliv na páky to bude mít minimální.

Instruktorský panel bude vyžadovat panel s několika pohotovostními tlačítky. Místo výběru např. poruchy několika klikáním přes několik nabídek softwaru MS FS9 může mít připraveno několik tlačítek, kde budou nejpoužívanější poruchy (např. vysazení motoru č. 1 a 2, apod.).

5.4 Rozmístění osob v simulátoru

Po realizaci přestavby nebude nutné, aby v simulátoru bylo více jak dvě osoby. V případě výcviku bude potřeba, aby se instruktor nacházel v blízkosti, aby mohl poradit a učit piloty-žáky. Bude zde tedy utvořeno místo pro dva piloty a jednoho dalšího pozorovatele s pracovním stolem, kde může mít instruktor notebook, kterým bude umožněno základní ovládání simulátoru pro potřeby výcviku.

Jiná místa uvnitř kabiny k dispozici nebudou a vzhledem k plánovaným úpravám zde ani místo pro další osoby nebude.

5.5 Ventilační technika

Řešení ventilační techniky je řešeno dvěma ventilátory na střeše simulátoru. Tyto ventilátory budou použity pro nové vedení ventilace. Ta bude rozdělena do dvou větví:

- chladicí větev
- klimatizační větev

Chladicí větev

Chladicí větev bude řešit chlazení veškerého elektronického vybavení a odčerpávání teplého vzduchu ven z kabiny. Obsluhovat ji bude jeden větrák a ten bude umístěn v přední části simulátoru. Směr výfuku bude ven, pryč od simulátoru. Kvůli teoretické možnosti ovlivnění projekce bude jeho poloha co nejnižší u podlahy a bude vyfukovat vzduch směrem ven od simulátoru ve vodorovné ose.

Podlaha simulátoru není zvednuta na celé jeho ploše, ale jen v míst, kde budou zasahovat sedačky, což bude jejich krajní zadní poloha. Tato poloha je ve vzdálenosti 600 mm od zadní stěny simulátoru. Podlaha je zvednuta o 220 mm, což poskytuje dostatek prostoru pro vedení kabeláže a potrubí chladicího a klimatizačního systému. Větev chladicího systému se bude skládat ze dvou částí a bude začínat v zadní straně podlahy (v místech nejbližší zadní stěně simulátoru), kde bude nasávat vzduch, který bude proudit přes počítač. Na ten bude

vzadu usazen kryt s připevněným plastovým ohebným potrubím o průměru 120 mm. Toto potrubí povede k ventilátoru, který bude připevněn na boční stranu kabiny (pod úroveň zvýšené podlahy simulátoru. Zde bude napojena i druhá část chladicí větve. Ta bude získávat vzduch z pod podlahy a povede jej kolem monitorů až opět k ventilátoru, který jej společně se vzduchem od počítače vyfoukne ven z kabiny. Ventilátor by měl být plynule regulovatelný, takže by si piloti mohli sami regulovat teplotu v kabině (snížením otáček se sníží odsávání teplého vzduchu a ten bude víc vyhřívat kabinu a naopak). Tímto způsobem se budou chladit jak počítač, tak monitory, tudíž by již nemělo docházet k nadměrnému zahřívání vnitřních prostor kabiny simulátoru.

Klimatizační větev

Tuto větev bude obsluhovat druhý z dvojce ventilátorů. Jeho směr proudění bude z venčí dovnitř. Na něj bude napojeno dvojí potrubí, které bude přivedeno na kraje palubní desky, kde budou nainstalovány klimatizační výfuky, které si každý pilot bude moct otvírat nebo zavírat, podle potřeby. Účelem je případné přivádění chladnějšího a čerstvého vzduchu pro piloty.

5.6 Stanoviště instruktora

Instruktor a jeho stanoviště bude při provozu sehrávat dvě úlohy. Těmi jsou:

- výuková
- dozorová

Výuková úloha

Při plnění této úlohy nejsou kladeny na možnosti instruktorského stanoviště vysoké nároky, tudíž je možné ovládat simulátor s dosud užívaným způsobem, tedy jako přenosné zařízení (např. notebook), na kterém jsou základní ovládací funkce simulátoru, jako je zmrazení polohy, ovládání počasí, některé poruchy. Toto zázemí by mělo být dostatečné pro potřeby této úlohy.

Tato úloha v sobě zahrnuje výcvik posádky, instruování žáků, jak mají létat jaké úkoly a bezprostřední dozor v kabině simulátoru. K navozování situací a ovládání některých funkcí zde bude použito pouze přenosného stanoviště připojeno síťovým kabelem k ovládacímu PC simulátoru, tedy notebooku, který je již v provozu.

Dozorová úloha

Tato úloha zastřešuje řešení složitějších situací. Instruktor bude mimo kabinu simulátoru a bude mít k dispozici více ovládacích prvků. Změna počasí bude řešena pomocí notebooku, který bude mít instruktor s sebou a mimo toto bude mít svůj panel se zobrazením přístrojů a výhledu z kabiny.

Ovládací panel bude obsahovat nejméně tlačítka pro zapnutí poruchy motorů, elektrického vybavení, pitotovy trubice nebo snímání statického tlaku vzduchu.

Přístrojové zobrazení instruktora může být řešeno pro větší přehlednost jako panel EFISu, resp. jako HUD. Výsledkem pak může být zobrazení přístroje, který bude zobrazovat to, co piloti vidí před sebou se všemi potřebnými možnostmi zobrazení, které HUD naskýtá a kterými jsou:

- výnos umělého horizontu
- rychlost
- výška
- rychlost stoupání/klesání
- směr
- nastavení HSI nebo RMI
- indikace DME
- nastavení frekvencí na radiostanicích

Tímto zobrazením by měl instruktor k dispozici veškeré údaje o letu na malém prostoru v rozložení, které je přehledné a dává dokonalý přehled v situaci.

K této indikaci přístrojového vybavení pak může přibýt indikace poruch, kterou lze navrhnout stejným způsobem jako je možno navrhnout přístroje. Tedy pro případ vzniku situace, kterou způsobí některé z tlačítek ovládacího panelu by se zobrazila kontrolka, která by upozorňovala na některou z veličin.

Jako prvek poskytující referenci dění v kabině bude použita webová kamera s vysokým rozlišením a se záznamem zvuku, která bude snímat akce prováděné piloty, takže instruktor bude mít dokonalé zobrazení a přehled o dění ve všech směrech od zobrazení hodnot, které poskytne každý přístroj až po výhled ven z kabiny i dění uvnitř.

6 Závěr

V diplomové práci byl stanoven konkrétní účel simulátoru, ke kterému je přizpůsobena i jeho modernizace. Byly zde popsány prvky modernizace a účel jednotlivých částí, které budou pozměněny, přepracovány nebo zcela nově vytvořeny. Práce je koncipována jako popis základních myšlenek modernizace a jako návrh pro tvorbu s konkrétním cílem realizace, včetně rozsahu využitelnosti.

Navrhované změny pro avionické systémy mohou významně posílit funkčnost simulátoru, včetně jeho ovladatelnosti a přístupnosti. Všechny nově navrhované změny mají za účel posunout myšlenku simulátoru do pozice, kdy bude působit co nejvěrněji jako skutečné letadlo a piloti v něm budou mít pocit jako ve skutečném letadle.

Vlivem změny ovládání z dosavadního ovládání myší a klávesnicí bude zvýšena reakční schopnost posádky reagovat na podněty vydané instruktorským stanovištěm buďto z pohledu reakce na závady, nebo na podněty vydané simulovaným řízením letového provozu.

Tímto se změní i styl zátěže na piloty a tento jev může být přínosný pro vědeckovýzkumné účely prováděné na tomto simulátoru. Taktéž modernizované technické zázemí poskytne lepší přehled o dění v kabině, tudíž je zde lepší možnost sledování a záznamu dění v kabině a je zde lepší možnost monitorování chyb a stresových faktorů v kabině, včetně jejich vlivu na posádku. Důležitou součástí takového využívání simulátoru je bezesporu absence dalších osob uvnitř kabiny, které doposud narušovaly koncentrovanost posádky v průběhu provádění testů.

Plnění cílů

Cíl: "Stanovit konkrétní účel letového simulátoru s ohledem na vyčleněné požadavky" byl splněn v kapitole 1.1, kde je popsána myšlenka využitelnosti simulátoru. Tedy pro jaký účel bude modernizace prováděna.

Cíl: "Shromáždit dostupné informace o možnostech úpravy avionických systémů simulátoru" byl rozveden v části 3 Přístroje, kde jsou informace o způsobu zpracování přístrojů v platformě MS FS, druzích použití a způsobu tvorby nebo úpravy přístrojového vybavení.

Cíl: "Popsat strukturu a technické řešení letového simulátoru ÚLD v současnosti s návrhem úprav zajišťujících lepší ovladatelnost a obsluhu celého systému" byl zpracován v kapitolách 4 a 5, kde je detailně popsána struktura ovládání simulátoru doposud a jaká by měla být po modernizaci simulátoru v navrhovaném rozsahu včetně odůvodnění, čím je inovace těchto prvků přínosná.

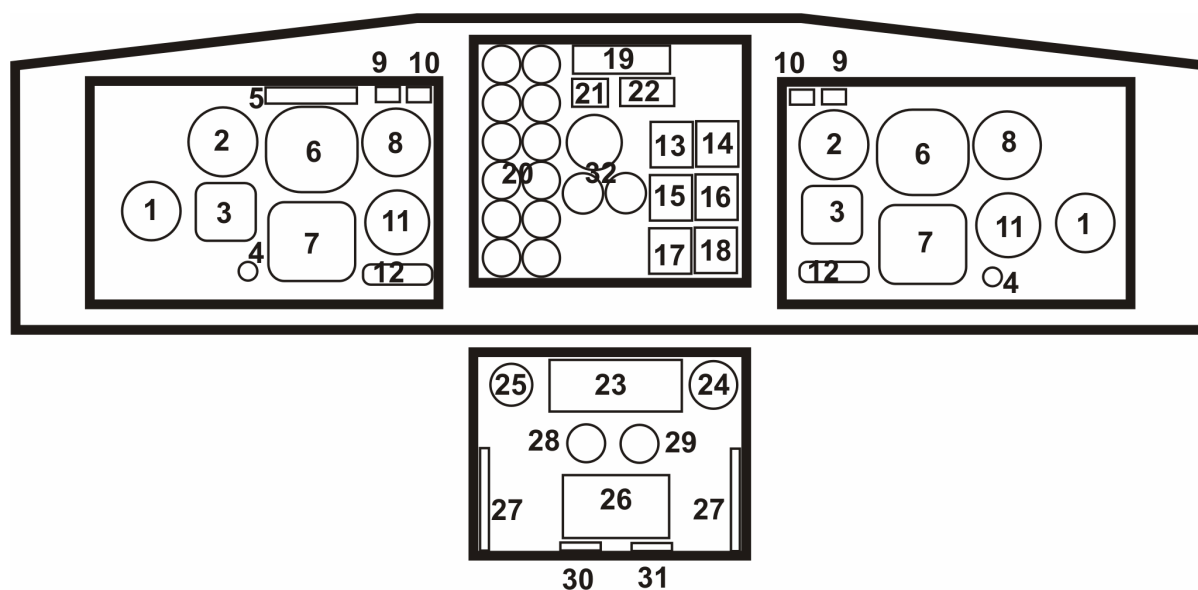
Seznam použité literatury

- [1] Flight One Software, Inc.: Bn-2 Islander,
<http://www.flight1.com/products.asp?product=bn2islander> (12.3.11:49)
- [2] ŘLP ČR: Předpis JAR-STD 4A,
http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/Jar/JAR_Std4a/index.htm (5.4.9:49)
- [3] ŘLP ČR: Předpis JAR-FCL 1, http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/Jar/JAR-FCL_1/index.htm (7.4.11:45)
- [4] Ministerstvo dopravy ČR: Předpis L-8400
<http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-8400/index.htm> (29.3. 15:37)
- [5] Microsoft: FS2004 SDK, http://download.microsoft.com/download/a/2/6/a263954a-3649-4654-ab1b-0ee4e30d7261/panels_sdk_setup.exe (10.2. 20:15)
- [6] Krohn, H.: Flight Simulator project, <http://www.hanskrohn.com/start.htm> (27.4. 17:53)
- [7] Garrido G.F.: My own home-built cockpit, <http://www.ctv.es/USERS/matradi/cockpit.htm> (3.2. 22:47)
- [8] Flightsim.Com, Inc.: How to... Sim panel connect,
<http://www.flightsim.com/main/howto/simpanel.htm> (15.3.20:04)

Seznam příloh

Příloha A – Návrh rozložení přístrojů na obrazovkách palubní desky.....	I
Příloha B – Návrh zobrazení letových údajů pro instruktorské pracoviště.....	II

Příloha A – Návrh rozložení přístrojů na obrazovkách palubní desky



Legenda:

- | | |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 1. Palubní hodiny | 17. Odpovídač |
| 2. Rychloměr | 18. Navigační radiostanice ADF1 |
| 3. RMI | 19. Světelná signalizace stavu systémů |
| 4. Ukazatel synchronizace vrtulí | 20. Motorové přístroje |
| 5. Ukazatel aktivních módů autopilota | 21. Ukazatel vnější teploty vzduchu |
| 6. Umělý horizont | 22. Volič hladiny (pro autopilota) |
| 7. HSI | 23. Světelná signalizace stavu systémů |
| 8. Výškoměr | 24. Indikace polohy klapek |
| 9. Master Caution indikátor | 25. Indikace kabinové výšky (pro přetlakovou kabinu) |
| 10. Master Warning indikátor | 26. Autopilot |
| 11. Variometr | 27. Indikace polohy podélného vyvážení |
| 12. DME | 28. Ukazatel množství paliva (levá nádrž) |
| 13. Komunikační radiostanice COM1 | 29. Ukazatel množství paliva (pravá nádrž) |
| 14. Komunikační radiostanice COM2 | 30. Indikace polohy příčného vyvážení |
| 15. Navigační radiostanice NAV1 | 31. Indikace polohy směrového vyvážení |
| 16. Navigační radiostanice NAV2 | |

Příloha B – Návrh zobrazení letových údajů pro instruktorské pracoviště

